Assessment of snow crab (*Chionoecetes opilio*) catchability by Japanese trap

Bernard Sainte-Marie and Christia[illegible]urcotte

Regional Science Branch
Department of Fisheries and Oceans
Maurice Lamontagne Institute
P.O. Box 1000, 850 route de la Mer
Mont-Joli, QC
G5H 3Z4

2003

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2508

Pêches et Océans
Fisheries and Oceans
Canada

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans une revue scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications intégrales. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont indexés dans la base de données *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement d'origine dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contribute to existing knowledge, but that are not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on the subject matter, and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is indexed in the *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts* data base.

Numbers 1 to 456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457 to 714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715 to 924 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was established with the publication of report number 925.

Technical reports are produced at the regional level, but are numbered at the national level. The issuing establishment figuring on the front cover and title page will accept any request for individual reports. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

104-03564/

**Canadian Technical Report of
Fisheries and Aquatic Sciences 2508**

2003

Assessment of snow crab (*Chionoecetes opilio*) catchability by Japanese trap

Bernard Sainte-Marie and Christian Turcotte

Regional Science Branch
Department of Fisheries and Oceans
Maurice Lamontagne Institute
P.O. Box 1000, 850 route de la Mer
Mont-Joli, QC, G5H 3Z4

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2003
Cat. No. Fs 97-6/2508E ISSN 0706-6457

This publication should be cited as follows:

Sainte-Marie, B. and C. Turcotte. 2003. Assessment of snow crab (*Chionoecetes opilio*) catchability by Japanese trap. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2508E: vii + 21 p.

Cette publication est aussi disponible en français.

TABLE OF CONTENTS

TABLE OF CONTENTS iii

LIST OF TABLES iv

LIST OF FIGURES v

RÉSUMÉ vi

ABSTRACT vii

1.0 INTRODUCTION 1

2.0 MATERIAL AND METHODS 3

2.1 EXPERIMENTAL PROTOCOL 3
2.1.1 Experimental site, fishing gears and characterization of crabs 3
2.1.2 Catchability of snow crab by Japanese trap 4
2.1.3 Influence of prior occupancy 5

2.2 DATA PROCESSING 5

3.0 RESULTS 6

3.1 INDEPENDENCE OF TRAPS ON A SAME LINE 6

3.2 CATCHABILITY 7

3.3 INFLUENCE OF PRIOR OCCUPANCY 11

4.0 DISCUSSION 13

4.1 VARIABILITY OF CATCHABILITY 13

4.2 STUDY LIMIT 16

4.3 PRACTICAL APPLICATIONS 16

5.0 CONCLUSION 17

6.0 ACKNOWLEDGEMENTS 17

7.0 REFERENCES 18

LIST OF TABLES

Table 1. Nature and dates of experiments on snow crab (*Chionoecetes opilio*) yields with Japanese traps made during experimental fisheries on the southern shore of the St. Lawrence Estuary in 1992. 3

Table 2. Average yield (number of individuals ± standard error) of snow crab (*Chionoecetes opilio*) males captured by Japanese traps during the experiment on catchability according to the position of the trap on the lines.. 6

Table 3. Summary of average yields (number of individuals ± standard error) and characteristics (± standard error) of snow crab (*Chionoecetes opilio*) males captured during the experiment on catchability according to the fishing gear.. 7

Table 4. Average (± standard error) of Japanese trap yield and bottom density of snow crab (*Chionoecetes opilio*) pre-adult and adult males during the experiment on catchability by localization of trap lines and trawl tows..... 9

Table 5. Estimates of average catchability (± standard error) for snow crab (*Chionoecetes opilio*) males by Japanese traps according to various criteria of maturity and size..... 10

Table 6. Summary of average yield and average characteristics (± standard error) of snow crab (*Chionoecetes opilio*) males captured by Japanese traps during the experiments on the impact of prior occupancy as well as percentage of mortality of the prior occupants..... 13

LIST OF FIGURES

Figure 1. Distribution by shell condition of snow crab (*Chionoecetes opilio*) males as a whole, of pre-adult males and of adult males captured by the beam trawl (white bars) and Japanese traps (grey bars) during the experiment on catchability 8

Figure 2. Distribution of frequencies of carapace width of snow crab (*Chionoecetes opilio*) pre-adult and adult males captured by the beam trawl and Japanese traps during the experiment on catchability. 9

Figure 3. Variation of the average catchability (q) by the Japanese trap of snow crab (*Chionoecetes opilio*) adult males with an intermediate shell in relation to carapace width.. 11

Figure 4. Frequency distribution of carapace width for all snow crab (*Chionoecetes opilio*) males captured (1,828 individuals) during the two experiments on the impact prior occupancy on Japanese trap yield 12

RÉSUMÉ

Sainte-Marie, B. et C. Turcotte. 2003. Évaluation de la capturabilité du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) par le casier japonais. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2508E : vii + 21 p.

Des expériences ont été réalisées à l'été 1992 sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent afin de déterminer la capturabilité du crabe des neiges par le casier japonais. La capturabilité, ou surface effective de pêche d'un casier, est le quotient du nombre moyen d'individus capturés par un casier et de la densité de ces individus sur le fond. La capturabilité s'exprime en mètres carrés. Nous avons évalué la densité de crabes sur le fond à l'aide d'un chalut à perche. La capturabilité a été déterminée pour les mâles de différentes catégories de maturité (adolescent versus adulte), d'âge relatif (temps écoulé depuis la dernière mue) et de taille. De plus, nous avons mesuré les effets sur le rendement et la composition des prises d'une occupation préalable des casiers japonais par un ou plusieurs crabes des neiges vivants, soit des mâles adolescents à carapace dure, des mâles adultes à carapace molle (récemment mués) ou des mâles adultes à carapace dure. Les casiers japonais se sont avérés très sélectifs pour les mâles adultes de taille légale (≥ 95 mm de largeur de carapace, LC) à carapace intermédiaire (âgés d'environ 2 à 3 ans depuis la mue terminale). Ceux-ci avaient une capturabilité 1000 fois supérieure (environ 63 000 m^2) à celle des mâles adultes de taille légale mués depuis quelques semaines et 10 fois supérieure à celle des mâles adultes de taille légale à vieille carapace (âgés d'environ 5 à 6 ans depuis la mue terminale). Les mâles adolescents de taille légale étaient 30 fois moins capturables que les mâles adultes de taille légale à carapace intermédiaire. La relation entre la capturabilité et la taille des mâles adultes à carapace intermédiaire avait la forme d'une cloche, les mâles de moins de 80 mm de LC comme ceux de plus de 135 mm de LC étant peu capturables. Les raisons pour les différences de capturabilité entre catégories de mâles sont discutées. De façon générale, l'occupation préalable par des mâles adultes à carapace dure a entraîné une baisse modérée du rendement du casier japonais, probablement en raison d'une intimidation des crabes à l'extérieur du casier. L'occupation préalable par des mâles adultes récemment mués a entraîné une baisse très importante du rendement du casier japonais. Cependant, cette baisse de rendement est attribuable à la forte mortalité des crabes récemment mués et à l'aversion du crabe des neiges pour ses congénères morts. Les résultats de la présente étude pourraient servir à ajuster les rendements des casiers japonais utilisés dans la pêche commerciale ou les relevés post-saison afin que les indices d'abondance qui en sont tirés soient plus représentatifs de la réalité démographique des populations échantillonnées.

ABSTRACT

Sainte-Marie, B. and C. Turcotte. 2003. Assessment of snow crab (*Chionoecetes opilio*) catchability by Japanese trap. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2508E: vii + 21 p.

Experiments were performed during the summer of 1992 on the southern shore of the St. Lawrence Estuary to determine the catchability of snow crab by Japanese traps. Catchability, also referred to as the effective fishing area of a trap, is the ratio of the mean number of individuals captured by a trap to the density of individuals present on the bottom. Catchability is expressed in square metres. Crab density on the sea bottom was assessed using a beam trawl. Catchability was determined for males in various categories of maturity (adolescent versus adult), relative age (time elapsed since the last moult) and size. Furthermore, we measured the effects on catch composition and yield of prior occupancy of Japanese traps by one or more live snow crabs, either hard-shell adolescent males, soft-shell (recently moulted) adult males or hard-shell adult males. Japanese traps were highly selective for adult males of legal size (≥ 95 mm carapace width [CW]) with an intermediate shell condition (about 2–3 years since the terminal moult). The catchability of these males was 1000 times greater (about 63,000 m^2) than that of legal-size adult males having moulted within a few weeks and 10 times greater than that of legal-size adult males bearing an old shell (about 5–6 years since terminal moult). Adolescent males of legal size were about 30 times less catchable than legal-size adult males with intermediate shell. The relationship between catchability and size of adult males with intermediate shell has a bell-shaped distribution, with males smaller than 80 mm CW and males larger than 135 mm CW having low catchability. The reasons for these differences in catchability among male categories are discussed. In general, prior occupancy by hard-shell adult males resulted in a moderate reduction of the yield of Japanese traps, probably because crabs outside the traps were intimidated. Prior occupancy of Japanese traps by soft-shell adult males caused a large reduction of yield. However, this decrease can be attributed to the high mortality of soft-shell crabs and the snow crab's aversion for dead conspecifics. The results of the present study could be used to adjust the yield data collected by Japanese traps employed by the commercial fishery or post-season trap surveys, so that derived abundance indices better reflect the demography of sampled populations.

1.0 INTRODUCTION

In Eastern Canada, the harvesting of snow crab (*Chionoecetes opilio*, Brachyura: Majoidea) began during the early 1960s but only became widespread and intensive around the beginning of the 1980s (Bailey, 1978; Hare and Dunn, 1993). In 2002, landings reached a peak of 105,700 tons, which corresponds to more than 411 million $CAN (É. Koulouris, DFO, Quebec Region, pers. comm.). The commercial fishery only targets the largest males since regulations impose a minimum size of 95 mm carapace width (CW) and a prohibition on female landings (Miller, 1976). Moreover, a TAC (total allowable catch) by area of fishery, a limited number of licences per area, a quota by licence and a limit on the number of traps per licence are used to control this fishery. The release at sea of crabs of legal size is generally prohibited, although exceptional measures are applied in some areas for males of legal size that are adolescent or that have recently moulted ("white" crabs). In several areas, the fishing season is of limited duration, and there are protocols for partial or complete closure of fishing areas when the proportion of recently moulted crabs found in catches exceeds a given threshold, generally 20% (Bailey and Elner, 1989).

In Canada, snow crabs are fished with baited traps. Several types of traps exist: Japanese, conical and rectangular models are most popular (Lafleur et al., 1983). However, the Japanese trap is still the main type used in the fishing areas of the Estuary and Northern Gulf of St. Lawrence (R. Dufour, DFO, Quebec Region, pers. comm.). This trap has the shape of a truncated cone, with a diameter of 1.22 m at the base and 0.71 m at the apex, and a height of 0.58 m. Its single entry, with a diameter of 0.51 m, is in apical position and is equipped with a rigid plastic skirt to reduce escapement (Lafleur et al., 1983). A mesh bag containing bait, usually thawed herring, is suspended inside the trap, close to the entrance. Some components of the bait diffuse or are washed out by water currents into the environment, forming a plume whose shape and spatial extent will depend on the size of the source as well as the speed and turbulence of the water (Okubo, 1980; Sainte-Marie and Hargrave, 1987; Moore et al., 1994). Like other carnivorous or necrophagous marine animals, the snow crab is attracted to baited traps by smell (McLeese, 1970; Mackie, 1973; Hancock, 1974) and will move toward the bait following a counter-current route (Karnofsky and Price, 1989; Lapointe and Sainte-Marie, 1992; Vienneau et al., 1993).

The coefficient of catchability (simply called catchability hereafter) is a measurement of a species' vulnerability to a given type of fishing gear. According to Morgan (1974), the most direct way to assess catchability is to simultaneously measure the catch per unit of effort (CPUE) of the fishing gear and the density of the target species. In the case of a benthic organism like the snow crab, catchability (q) by Japanese trap is calculated as follows:

$$q = \mathrm{CPUE} \cdot \mathrm{D}^{-1}$$

where D is the density of crabs on the bottom (Miller, 1990). The concept of catchability, when applied to a baited trap, is also referred to as the "effective fishing area of a trap" and is expressed as a unit area (e.g., m^2, hectare). Catchability is thus an estimate of the minimal bottom area influenced by the trap, based on the hypothesis that all individuals are available to the trap. Actually, the area of attraction of a baited trap—i.e., the actual bottom area over which the odour plume of the trap is perceptible by at least some animals—is larger than what is shown

by the coefficient of catchability because individuals are not all attracted to the same extent by baited traps and are not all able to enter or all retained in the traps (Miller 1978a, 1978b, 1990; Lafleur et al., 1983; Brêthes et al., 1985; McQuinn et al., 1988; Cyr and Sainte-Marie, 1995).

The quality and quantity of bait, the availability of alternative sources of food, and the environment's physicochemical conditions such as light intensity, the velocity and turbulence of water flow, and the temperature, can have a significant influence on the number of animals a baited trap will attract as well as on catch composition (Morrissy, 1975; Sainte-Marie and Hargrave, 1987; Miller, 1990; Cyr and Sainte-Marie, 1995). However, according to Brêthes et al. (1985), the abundance and the biological parameters of a population may explain most of the variability of the CPUE. These parameters include sex, maturity, moult stage and size of crabs, among others, which may determine to a large extent the vulnerability of individuals to baited traps (Miller, 1990).

Three successive stages of maturity are used to describe male snow crabs—immature, adolescent and adult—and these stages are separated by moults considered as being "critical" (Comeau and Conan, 1992; Sainte-Marie et al., 1995). The moult at which immature crabs become adolescents is characterized by the beginning of sperm production and by a slight acceleration of claw growth compared to cephalothorax growth. During the second critical moult, which is a terminal moult, a strong and sudden increase occurs in the size of the claw compared to the cephalothorax. Adolescent males are less aggressive than adults (Conan and Comeau, 1986; Sainte-Marie et al., 1997) and may also be less vulnerable to baited traps (Hoenig and Dawe, 1991). It may thus be possible that the identity of crabs first entering a trap affects the subsequent "colonization" of this trap (see for example Addison and Bannister, 1998).

After moulting, male snow crabs do not feed for a period of time ranging from a few days to a few weeks (Watson, 1971; O'Halloran and O'Dor, 1988; Mayrand et al., 2000), and thus would not be very vulnerable to baited traps (Hoenig and Dawe, 1991). After a terminal moult, the shells of new adult males hardens and their flesh develops over a period of 1 to 2 years. They maintain an optimal condition for approximately two years and then gradually lose this condition as they age and accumulate wounds until death occurs, between 5 and 8 years after the moult (Sainte-Marie et al., 1995; B. Sainte-Marie and F. Hazel, unpublished data). The elapsed time since the last moult (or "relative age") of an adult crab can be established based on the aspect and hardness of the carapace. The vulnerability of an individual to baited traps probably depends on relative age, and senescent individuals are assumed to have a low catchability (B. Sainte-Marie, unpublished data).

The assessment of snow crab stocks is mainly based on indices of abundance that are derived from CPUEs of commercial fishery and research surveys with trawls or baited traps (Dufour and Dallaire, 1999). In the Estuary and the northern Gulf of St. Lawrence, surveys are made on a regular or intermittent basis using a beam trawl with a 3-m horizontal opening. However, the rugged bottoms do not allow complete coverage of this area with the beam trawl. Consequently, the Department of Fisheries and Oceans and fishermen associations jointly developed post-season surveys involving the use of baited traps in each fishing area. Variations in trap CPUE among areas or years are thought to mainly reflect variations in the abundance of the exploited population. However, little information is available on the vulnerability of males to traps

according to their maturity, stage of moult, relative age or size. Such information is essential for modelling the abundance, production, exploitation rate and expected yield of populations based on trap fishery data (e.g., Zheng et al., 1996). The goal of this study is to fill these gaps, at least partially.

2.0 MATERIAL AND METHODS

2.1 EXPERIMENTAL PROTOCOL

2.1.1 Experimental site, fishing gears and characterization of crabs

Three experiments (Table 1) were carried out in 1992 off the southern shore of the St. Lawrence Estuary (approximately 48°38.5' N, 68°21.75' W), between Rimouski and Sainte-Luce, at depths ranging from 40 to 75 m. Bottoms in this area are composed of fine mud. Water flow, mainly influenced by the Gaspé and tidal currents, is nearly parallel to the coast. The study area is commercially exploited, but the fishery was finished before the experiments were carried out.

Table 1. Nature and dates of experiments on snow crab (*Chionoecetes opilio*) yields with Japanese traps made during experimental fisheries on the southern shore of the St. Lawrence Estuary in 1992.

Experiment	Dates	Treatments (number of traps per day)
Catchability	June 14–15	Herring bait only (20)
Prior occupancy	June 18–19	Herring bait + soft adult male (8), herring bait + hard adult male (8), herring bait only (8)
Prior occupancy	June 21–22	Herring bait + adolescent male (8), herring bait + hard adult male (8), herring bait only (8)

The first experiment was carried out to assess the catchability of snow crabs by Japanese traps according to the stage of maturity, relative age and size of males. The purpose of the second and third experiments was to measure the impact on the yields by prior occupancy of Japanese traps by one or more living male crabs with predetermined characteristics (hard adult versus soft adult and hard adolescent versus hard adult). Occupying crabs were obtained either using a beam trawl before beginning the experiment or from the contents of traps once the experiments were started. The number of occupants varied from 1 to 6 individuals per trap, and no occupying crab was used more than once.

The Japanese traps that were used had exactly the configuration described in the Introduction and were covered with 135-mm stretched mesh net. Each trap was baited with five herring (*Clupea harengus*) of approximately 200 g each contained in a 25-mm stretched mesh bag. Each trap had its own buoy and was independent from adjacent traps (not connected by a rope). The beam

trawl used had a 3-m opening, ensuring an effective fishing width of 2.5 m. It was provided with chains to dislodge buried crabs, and the codend was lined with a 15-mm stretched mesh net.

All crabs captured by trap or trawl were counted and characterized in the following way. The sex was determined based on the form of the abdomen, which is suboval or circular in females, and triangular in males. Carapace width (CW) and claw height (CH), excluding spines in both cases, were measured with a vernier calliper with an accuracy of 0.1 mm. The maturity of males was established from the discriminating equation provided by Sainte-Marie and Hazel (1992):

$$\ln CH_{obs} - \ln CH_{exp}$$

$$\text{where } \ln CH_{exp} = -2.6077 + 1.2209 \cdot \ln CW_{obs}$$

according to which a male is considered to be an adolescent or an adult when the difference between observed CH (CH_{obs}) and expected CH (CH_{exp}) for an observed CW (CW_{obs}) is respectively < 0 or ≥ 0. The shell condition (SC) was described according to the following arbitrary scale: 1 = soft and clean; 2 = hard and clean; 3 = intermediate; 4 = hard and dirty; 5 = soft and dirty (see Sainte-Marie, 1993). However, no crab with a SC5 was captured during our study. The progression of SC1 to SC5 reflects a gradual temporal change in crab shell condition since the last moult. To meet the requirements of some analyses of this study, we grouped the SCs into three categories: N = 1 and 2 (New); I = 3 (Intermediate); O = 4 (Old).

2.1.2 Catchability of snow crab by Japanese trap

To calculate catchability, 20 traps were soaked on two occasions, equally distributed between four lines running nearly perpendicular to the coast. Lines 1 and 2 as well as lines 3 and 4 were 0.93 km (0.5 nautical mile) apart from each other, whereas lines 2 and 3 were 1.85 km (1 nautical mile) apart. The traps were deployed at 300-m intervals on the lines. After 17 to 27 hours of fishing, the traps were recovered, and their contents were counted and characterized as described above.

Crab density on the bottom was established using a beam trawl. On June 14, 1992, before the traps were soaked, two trawl tows were made west and east and in the centre of the anticipated positions of trap lines. On June 15, a trawl tow was made west and east of trap lines and two trawl tows were made in the centre of trap lines, just before the recovery of the traps soaked the day before. The beginning and ending positions of the tows were noted to calculate the swept area and estimate the density of crabs, based on the crab numbers for each tow. On average, the trawl was towed at 3.5–4 knots for 21.5 minutes and swept approximately 6,400 m^2 of bottom per tow.

2.1.3 Influence of prior occupancy

To measure the influence that one or more prior occupants could have on the number and the composition of captures, two successive two-day experiments were carried out. Every day, 24 traps were soaked, equally divided among three lines that were perpendicular to the coast. On each line, traps were deployed at 0.5 km intervals, and the lines were about 1.5 km apart.

In addition to the herring bait, a given type of occupying crab (Table 1) was randomly placed into the traps on each line. For each day of sampling in the first of these two experiments, eight traps were populated with one to six hard shell adult males (SC2 and SC3), eight traps with one to five recently moulted adult males (SC1), and eight traps were left unoccupied as control traps. The occupying crabs had a CW greater than 100 mm and were marked with a spaghetti tag bearing a unique number. This tag was tied around the cephalothorax of the occupying crabs so that they could be recognized when the traps were recovered. The second experiment to determine the influence of prior occupancy on the yield of traps was performed in the same manner, except that occupying crabs were adolescent or adult males with a hard shell (SC2 and SC3). The adults used had a CW greater than 100 mm, while the adolescent males had a CW between 60 and 80 mm. Following a soak period ranging from 17 to 27 hours, the mortality of occupants was noted, and catches were counted and characterized.

2.2 DATA PROCESSING

When traps were recovered, both in the experiment on catchability and in the experiments on impact of prior occupancy on Japanese trap yield, a certain number of traps were empty and had a side or part of the apex soiled with mud because they had tilted. All of these traps, i.e., 12.5% of the 136 traps soaked, were not considered in the analyses. The soak time, which was quite uniform, did not have any perceptible impact on trap yield according to a correlation analysis, and this variable was thus not considered in the analyses.

The $\geq$ 300-m interval we left between the traps on a same line was intentionally higher than the estimated radius of attraction of a baited Japanese trap, which is 140 m at the most according to Brêthes et al. (1985). Each trap was thus considered to be independent of other traps on the same line, as well as of other traps on adjacent lines because the distance between the lines exceeded the distance between traps on a same line. In order to verify this premise, we performed a single factor analysis of variance (ANOVA) on the yield of traps used in this catchability experiment based on their position on the lines, which was numbered from 1 (coast) to 5 (offshore). When there is interaction between traps on a same line, inner traps should have lower yields than the traps located at the ends of the line (Eggers et al., 1982; Gros and Santarelli, 1986).

For the 119 traps recovered and considered to be valid during these three experiments, females made up only 295 out of the total catch of 2,969 snow crabs, which is less than 9.9% of the catch. Because of the low representation of females in traps, only males were addressed in subsequent analyses.

Catchability was assessed for various classes of maturity and size of males. The approach we took was to calculate catchability from the average CPUE for a given male category in all traps of a same line and the average density of the crabs of this same category on bottoms directly adjacent to that line. Therefore, four catchability estimates were obtained for each male category.

Data processing was carried out using the STATGRAPHICS Plus software, Version 2.0. Data normality was assessed with the Kolmogorov-Smirnov test, while homogeneity of variance was verified with the Bartlett test. We used the Student's t-test or the analysis of variance to compare the CPUE, density, catchability, CW and the percentage of adult individuals between traps, lines or fishing gears. The percentages were first subjected to an arcsine transformation to ensure their normality. When data were not normally distributed or had heterogeneous variances that we were unable to correct by any transformation, we used the Kruskal-Wallis nonparametric test. Finally, we used the χ^2 test to compare size frequency distributions between fishing gears. The average values presented in this document are accompanied by their standard error.

3.0 RESULTS

3.1 INDEPENDENCE OF TRAPS ON A SAME LINE

The average yield of traps in the catchability experiment according to their position on lines is shown in Table 2. The position did not significantly affect trap yield (ANOVA: $F_{4,28} = 2.50$, $p = 0.065$). The highest average yields were obtained at positions 2 and 3, towards the centre of the line. The yields at the ends of the line were definitely lower, contrary to what would be expected if there had been interference between the traps. This analysis also suggests that yield was independent of the shallow depth gradient observed from the coast to offshore, since no yield gradient is perceptible according to trap position on the line. As the distance between the traps on a same line was even greater in the experiments on the impact of prior occupancy, we can suppose that each trap represented an independent sampling unit.

Table 2. Average yield (number of individuals ± standard error) of snow crab (*Chionoecetes opilio*) males captured by Japanese traps during the experiment on catchability according to the position of the trap on the lines. The traps are numbered from 1 (coast) to 5 (offshore).

	Position of the trap on the line				
	1	2	3	4	5
Average yield	23.9 ± 3.8	32.6 ± 4.2	31.7 ± 3.7	16.5 ± 5.0	23.7 ± 3.3
Number of valid traps	8	5	7	6	7

3.2 CATCHABILITY

Table 3 shows a summary of the abundance and characteristics of male snow crabs captured by the trawl and the traps during the experiment on catchability. The traps mostly captured adult males, whereas this category accounted for only 44.2% of the males sampled with the trawl, the others being immature or adolescent males. Generally, the males captured by the traps had an older shell and were bigger than the males captured by the trawl.

Table 3. Summary of average yields (number of individuals ± standard error) and characteristics (± standard error) of snow crab (*Chionoecetes opilio*) males captured during the experiment on catchability according to the fishing gear. N, number of traps or valid trawl tows; SC, shell condition; CW, carapace width, in mm.

Fishing gear	N	Yield	% of adults	SC	CW
Beam trawl	10	$2.8 \pm 0.8 \cdot 1000\ m^{-2}$	44.2 ± 0.1	1.9 ± 0.1	96.1 ± 1.9
Japanese trap	33	$25.3 \pm 0.7 \cdot trap^{-1}$	93.4 ± 0.1	3.0 ± 0.0	112.4 ± 0.5

The representation of males by shell condition and by fishing gear was further assessed (Fig. 1). Overall, a slight prevalence of individuals with new shell (66.1%) and a clear predominance of individuals with intermediate shell (88.1%) were noted in the trawl and the traps, respectively. Moreover, crabs with new shell were mainly clean and soft in the trawl (64.8% of all crabs with new shell had SC = 1), whereas they were rather clean and hard in traps (SC = 2 for 76.0% of individuals). Males with an old shell were very seldom (< 5%) captured with the two types of fishing gears. The distribution of all males by shell condition differed significantly between the trawl and the traps (Fig. 1; $\chi^2 = 208.42$, df = 2, $p < 0.001$). However, this general picture hides a clear divergence in the representation of shell conditions between pre-adult (immature and adolescent) and adult males for both fishing gears (Fig. 1). Thus, among pre-adult males, 81.2% had a new shell and 18.7% had an intermediate shell in the trawl, compared to 34.5% and 61.8%, respectively, in the traps. Fifty percent of adult males had a new shell, and 47.4% had an intermediate shell in the trawl compared to 3.2% and 90.1%, respectively, in the traps. Therefore, males with an intermediate shell were over-represented in the traps compared to their numbers on the bottom, both for pre-adult males and adult males.

With respect to the size of males, there also was as a strong and significant difference between the CW of all males captured by the trawl and the traps (Table 3; Kruskal-Wallis, H = 60.26, df = 1, $p < 0.001$), with males being definitely smaller in the trawl (96.1 mm) than in the traps (112.4 mm). The frequency distributions of the size of males (Fig. 2) differed between the trawl and the traps in a very significant fashion for pre-adults ($\chi^2 = 34.51$, df = 8, $p < 0.001$), but to a lesser extent for adults ($\chi^2 = 17.35$, df = 7, $p = 0.015$). The average CW of the pre-adult males captured by the trawl was much smaller than that of the pre-adult males captured by the traps (Kruskal-Wallis, H = 20.05, df = 1, $p < 0.001$) (Fig. 2). On the other hand, the average CW of the adult males captured by the trawl was slightly greater than that of the adult males captured by the traps (Kruskal-Wallis, H = 6.69, df = 1, $p = 0.010$) (Fig. 2). When the comparison is restricted to

the adult males with an intermediate shell, the average CW is similar (Kruskal-Wallis, H = 0.67, df = 1, p = 0.414) for the individuals captured by the trawl (115.4 ± 2.2 mm) and the traps (114.3 ± 0.4 mm).

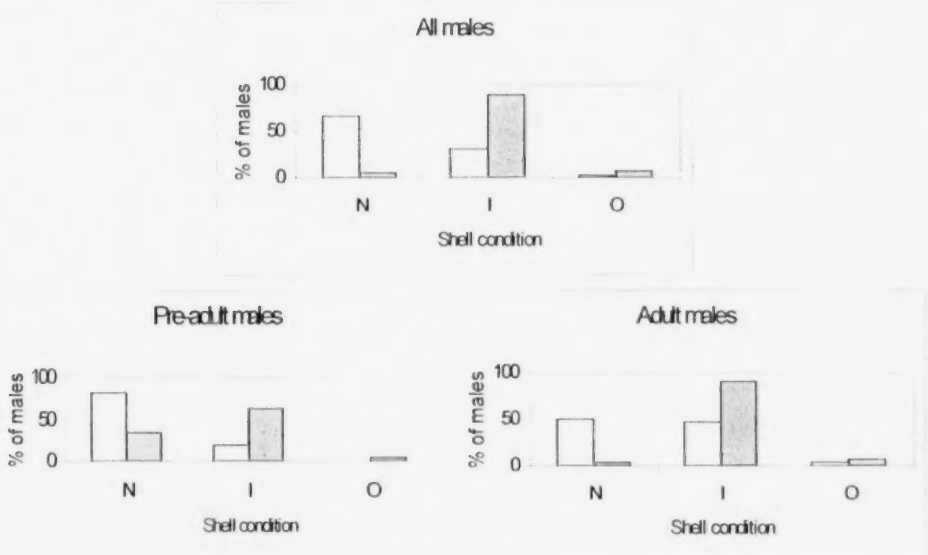

Figure 1. Distribution by shell condition of snow crab (*Chionoecetes opilio*) males as a whole, of pre-adult males and of adult males captured by the beam trawl (white bars) and Japanese traps (grey bars) during the experiment on catchability (N = new shell; I = intermediate shell; O = old shell). The total number of captured males was 96 pre-adults and 76 adults for the beam trawl and 55 pre-adults and 780 adults for Japanese traps.

Spatial heterogeneity of trap yield and density of snow crabs on the bottom was observed during the experiment on catchability (Table 4). The ANOVA shows that the localization of the trap line had a significant impact on the yield for adult males ($F_{3,29} = 4.82$, $p = 0.008$), but not on the yield for pre-adult males ($F_{3,29} = 0.21$, $p = 0.886$). The traps on the two central lines showed average adult crab yields superior to those of the traps on the two peripheral lines. On the contrary, the bottom density was heterogeneous for the pre-adult males ($F_{2,7} = 18.52$, $p = 0.002$), which were approximately 10 to 35 times more numerous in the centre of the experimental area than at its western or eastern periphery, whereas the density of adult males appeared more homogeneous ($F_{2,7} = 2.39$, $p = 0.160$).

Depending on the localization of the trap lines, the number of adult males was 8 to 24 times higher than the number of pre-adult males found in the traps (Table 4). The density of pre-adult males on the bottom, as estimated from trawl data, exceeded that of adult males in the centre of the experimental area, was equal in the east and was lower by a factor of 10 in the west (Table 4).

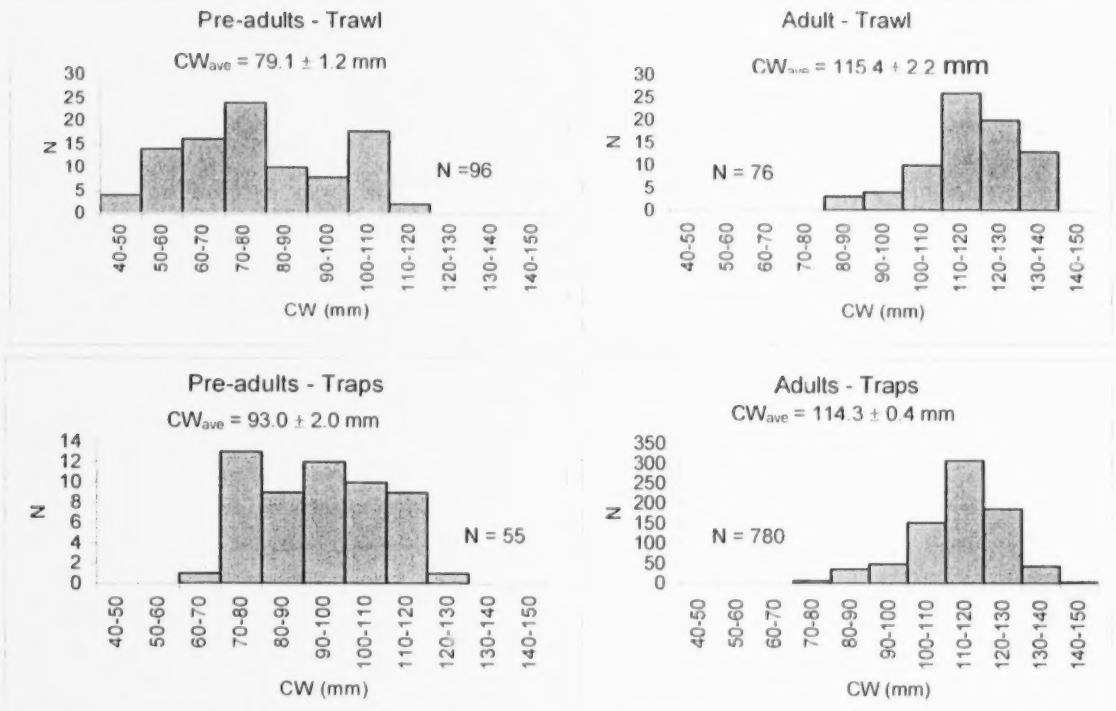

Figure 2. Distribution of frequencies of carapace width (CW) of snow crab (*Chionoecetes opilio*) pre-adult and adult males captured by the beam trawl and Japanese traps during the experiment on catchability.

Table 4. Average (± standard error) of Japanese trap yield and bottom density of snow crab (*Chionoecetes opilio*) pre-adult and adult males during the experiment on catchability by localization of trap lines and trawl tows. N, number of valid samples.

Localization of trap lines and of trawl tows	Yield males · trap $^{-1}$			Bottom density males · 1000 m^{-2}		
	Pre-adults	Adults	N	Pre-adults	Adults	N
East	1.8 ± 0.6	20.1 ± 3.0	9	0.4 ± 0.4	0.6 ± 0.1	3
Centre-East	1.3 ± 1.0	27.6 ± 1.0	7	–	–	–
Centre	–	–	–	3.5 ± 0.6	2.0 ± 0.6	4
Centre-West	1.3 ± 0.4	31.8 ± 3.3	8	–	–	–
West	2.1 ± 1.3	17.0 ± 3.7	9	0.1 ± 0.1	1.0 ± 0.3	3

The catchability of male snow crabs by Japanese traps was calculated according to various criteria of maturity and size (Table 5). Four catchability estimates were calculated for each category of males, based on the average yield by line of traps and the average density of crabs in directly adjacent trawl tows: (i) the east line relative to the density in the east; (ii) the centre-east line relative to the density in the centre; (iii) the centre-west line relative to the density in the centre; and (iv) the west line relative to the density in the west (see Table 4). The average catchability of males of more than 90 mm CW, irrespective of their maturity and shell condition, was 17,786 m^2. Considering only adult males ≥ 95 mm CW, i.e., the exploitable portion of the population, the average catchability was even greater (28,278 m^2). However, this value hides very large variations of catchability of adult males according to their relative age (SC). Recently moulted adult males (with a new shell) were on average 975 times less catchable than males having moulted within approximately the last 2 to 4 years (intermediate shell), and they in turn were approximately 11 times more catchable than males having moulted within approximately the last 4 to 6 years (old shell). Finally, the adolescent males, whether pre-recruits (78 ≤ CW < 95 mm) or legal size (CW ≥ 95 mm), had a catchability approximately 30 times lower than that of adult males of legal size with an intermediate shell.

Table 5. Estimates of average catchability (± standard error) for snow crab (*Chionoecetes opilio*) males by Japanese traps according to various criteria of maturity and size. CW, carapace width in mm; SC, shell condition: N, new shell; I, intermediate shell; O, old shell.

Male categories	Catchability in m^2
Adolescents and adults, CW > 85 mm	17,127 ± 2380
Adolescents and adults, CW > 90 mm	17,786 ± 2535
Adolescents, 78 ≤ CW < 95 mm	1864 ± 1087
Adolescents, CW ≥ 95 mm	2157 ± 1089
Adults, CW ≥ 95 mm	28,278 ± 10,572
Adults, CW ≥ 95 mm, SC = N	65 ± 65
Adults, CW ≥ 95 mm, SC = I	63,310 ± 28,938
Adults, CW ≥ 95 mm, SC = O	5,482 ± 3,022

The variability of the catchability of adult males with an intermediate shell was also studied in relation to their size. To do so, catchability was calculated by 10-mm size classes ranging from 57.5 mm to 147.5 mm of CW, based on average trap yield and bottom density per size class calculated for all traps and trawl tows. The result of this analysis is shown in Fig. 3. It should be

noted that the relation between catchability and CW is similar to a bell-shaped function, with very low values at the extremities of the size range of adult males and a maximum value at about 107 mm of CW. A polynomial regression adjusted to data (Fig. 3) shows that the CW explains 88.5% of the variability of the average catchability of adult males with an intermediate shell.

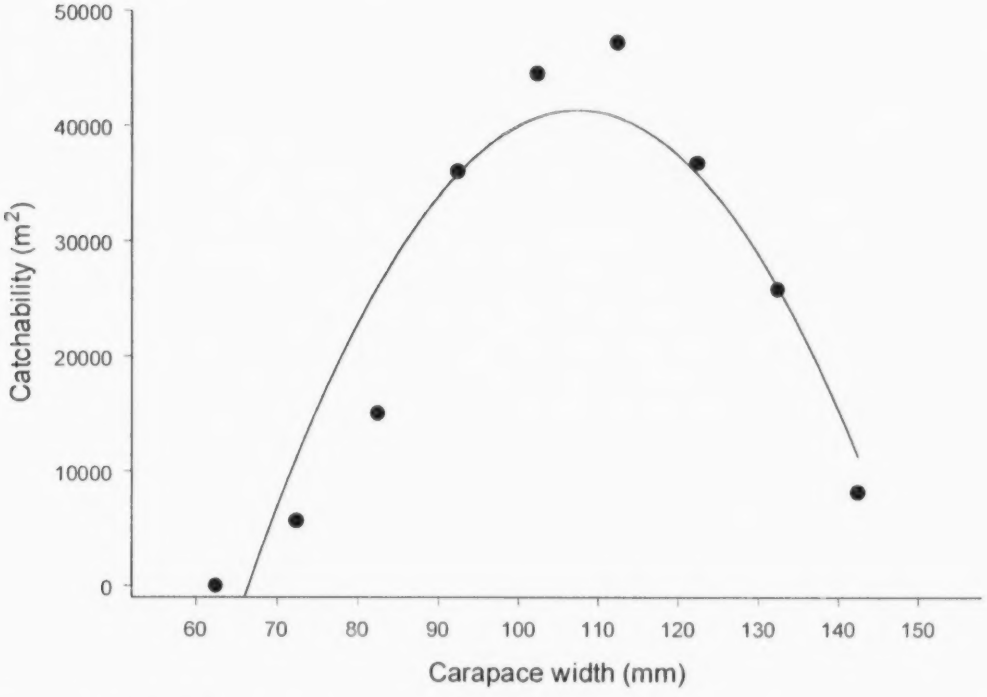

Figure 3. Variation of the average catchability (q) by the Japanese trap of snow crab (*Chionoecetes opilio*) adult males with an intermediate shell in relation to carapace width. The curved line adjusted to data is a polynomial regression: $q = -243{,}014.0 + 5{,}291.3 \cdot CW - 24.6 \cdot CW^2$ ($r^2 = 0.885$, $F = 23.10$, $N = 8$, $p = 0.001$).

3.3 INFLUENCE OF PRIOR OCCUPANCY

Figure 4 shows the size frequency distribution of snow crabs during the experiment examining the effect of prior occupancy on yields of Japanese traps (baited traps and control traps together). Two modes are present, representing moult instars XII and XIII (see Sainte-Marie et al., 1995).

Table 6 summarizes the results of the two experiments carried out to verify the impact of prior occupancy on the yield of Japanese traps. Occupying crabs suffered a certain amount of mortality even though they were carefully manipulated. In particular, soft crabs had an average mortality much higher (53.5%) than hard crabs (7.7%), and the difference in mortality between

the two types of occupants was highly significant (arcsine transformation, ANOVA: $F_{1,24} = 28.99$, $p < 0.001$). Although the mortality of occupying crabs was higher for hard adolescents (12.2%) than for hard adults (2.5%), the difference was not significant (arcsine transformation, ANOVA: $F_{1,29} = 2.82$, $p = 0.104$). Given the possible aversion of crabs for dead conspecifics, causing a reduction in trap yield, we used linear regression to verify if there was a relation between trap yield with occupying crabs and the number of dead occupying crabs. The relation between the two variables was negative and significant ($F = 19.51$, $N = 57$, $p < 0.001$).

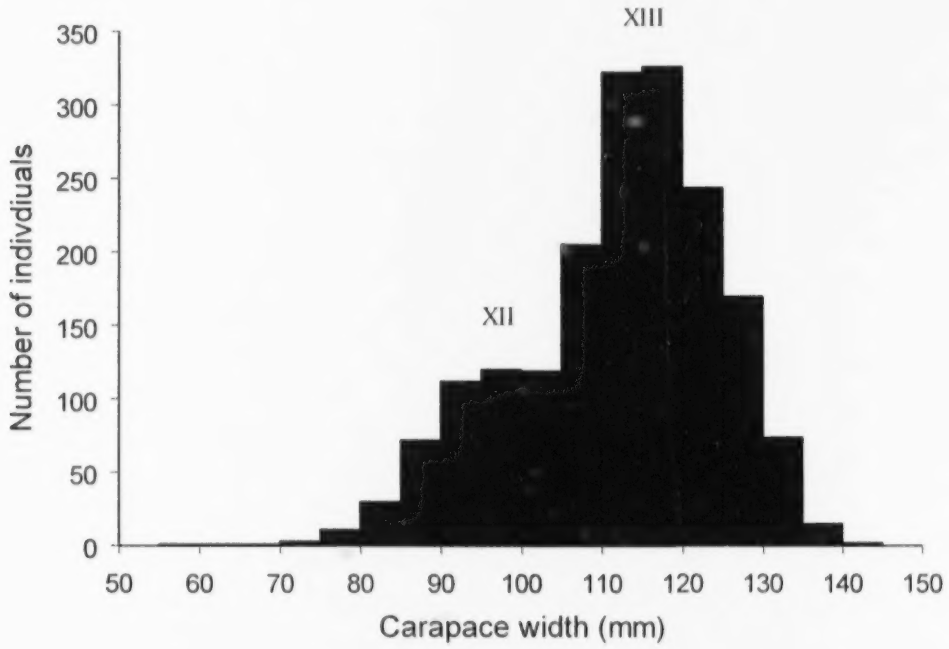

Figure 4. Frequency distribution of carapace width for all snow crab (*Chionoecetes opilio*) males captured (1,828 individuals) during the two experiments on the impact of prior occupancy on Japanese trap yield. The Roman numerals correspond to modes representing the inter-moult stages.

Generally, the average yield of control traps (bait only) was better than that of traps with prior occupancy (Table 6). During the first experiment, a significant difference in yield was noted among traps occupied by hard crabs, those occupied by soft crabs, and the controls traps (ANOVA: $F_{2,38} = 12.85$, $p = 0.001$). The traps occupied by soft crabs had a smaller yield than those of the traps occupied by hard crabs or the control traps, and the differences were significant (Bonferonni test at the 5% threshold).

In the second experiment (Table 6), the average yield of traps with prior occupancy was significantly lower than those of control traps (ANOVA: $F_{2,42} = 4.70$, $p = 0.014$). The Bonferroni test at the 5% threshold shows that average yield differed significantly between the traps

occupied by adult males and the control traps, but not between the traps occupied by adult males and those occupied by adolescent males, nor between the traps occupied by adolescent males and the control traps.

Table 6. Summary of average yield and average characteristics (± standard error) of snow crab (*Chionoecetes opilio*) males captured by Japanese traps during the experiments on the impact of prior occupancy as well as percentage of mortality of the prior occupants. N, number of valid traps; SC, shell condition; CW; carapace width in mm.

Experiment Occupant	N	Yield males · trap^{-1}	% of adults	SC	CW	% dead occupants
Experiment 1						
Soft adult	13	10.9 ± 2.5	96.3 ± 0.0	3.1 ± 0.0	111.1 ± 1.3	53.5 ± 0.1
Hard adult	13	21.6 ± 1.8	97.0 ± 0.0	3.1 ± 0.0	114.0 ± 0.7	7.7 ± 0.1
Control	15	26.9 ± 3.1	95.4 ± 0.0	3.1 ± 0.0	113.0 ± 0.6	–
Experiment 2						
Hard adolescent	15	19.2 ± 1.9	95.5 ± 0.0	3.0 ± 0.0	112.6 ± 0.7	12.2 ± 0.1
Hard adult	16	17.9 ± 1.9	93.9 ± 0.0	3.0 ± 0.0	110.4 ± 0.8	2.5 ± 0.0
Control	14	26.0 ± 2.0	94.9 ± 0.0	3.0 ± 0.0	110.3 ± 0.6	–

Although prior occupancy and mortality had a perceptible impact on trap yield, they did not modify catch composition (Table 6). The average proportion of adults in the catches remained the same (arcsine transformation, ANOVA: first experiment, $F_{2,38} = 0.40$, $p = 0.672$; second experiment, $F_{2,42} = 0.77$, $p = 0.471$). Moreover, there was no difference in average CW between treatments and controls (Kruskal-Wallis: first experiment, $H = 4.02$, $df = 2$, $p = 0.134$; second experiment, $H = 2.62$, $df = 2$, $p = 0.270$).

4.0 DISCUSSION

4.1 VARIABILITY OF CATCHABILITY

Catchability is a measurement of the vulnerability of a species, or one of its demographic components, to a fishing gear—the Japanese trap in this study. The catchability of a species by a given type of trap is not an immutable measurement because it depends on (i) the quantity and

the quality of bait and of alternative food sources, (ii) the physicochemical conditions of the environment, (iii) the presence of competing or predatory species in the vicinity of the trap or already captive inside the trap, and (iv) the characteristics of individuals in the target population. Bait freshness was maintained throughout the experiments, which proceeded over a short period of time characterized by uniform weather conditions. So, we will not address the bait or abiotic environmental issues, which were apparently quite constant. We will rather discuss the variability of catchability according to the characteristics of the various demographic components of the snow crab male population. We will try to develop from our results conclusions that are relevant to the interpretation of CPUE time series of commercial fishery and research surveys made using baited traps.

The level of catchability of a species by a baited trap results also from the species' aptitudes and a sequence of optional behaviours. The olfactory sensitivity, the strategy adopted to search food, the behavioural attitude and mobility necessary to track an odour plume to its source, the physical capability to enter the baited trap and the facility to escape from it once satiated are all factors affecting catchability (e.g., Brêthes et al., 1985; Miller, 1990; Addison and Bannister, 1998). These aptitudes and behaviours can vary according to ontogeny, the level of appetite and the stages of moult and reproduction. For example, in lysianassoid amphipods (the most efficient of necrophagous organisms), it is well known that juveniles are less catchable than adults, that satiated individuals are not attracted to bait, and that mature females are not attracted to bait when they bear eggs, but are in other circumstances (Sainte-Marie, 1986a, 1986b).

Our results indicate that the level of maturity and relative age (time elapsed since the last moult) have a great influence on male catchability. Adolescent males proved to be much less catchable that adult males, and among the latter, individuals with an intermediate shell were much more catchable than recently moulted individuals or individuals with an old shell. We combined shell conditions 1 and 2 to determine the catchability of recently moulted individuals, because both of these categories were too poorly represented in the traps for separate analysis. However, it is likely that SC1 males are less catchable that SC2 males since the first group was relatively less abundant in traps than in the trawl and the contrary was true for the second group. As well, we did not capture any SC5 males, but given their more advanced level of senescence, one can suppose that they are less catchable than SC4 males. These observed or supposed differences in catchability could reflect a lesser degree of aggressiveness of adolescents compared to adults, the lack of appetite or worse physiological condition of recently moulted adults, and a reduced vitality of senescent adults. It is known that snow crab adult males have a natural diet different from that of adolescent males, as shown in particular by the greater propensity of adults for cannibalism and predation on other crab species (Lovrich and Sainte-Marie, 1997). There is also a close convergence between the magnitude of the catchability of the various categories of males and the magnitude of their participation in the reproductive process (see Sainte-Marie et al., 1999), an activity which also requires a great level of mobility and aggressiveness. The very low catchability of recently moulted individuals is a fact recognized for many other crustacean decapod species (see the review by Miller, 1990), although it has been rarely quantified. On the other hand, the negative impact of senescence on adult male catchability is demonstrated here for the first time.

From this perspective, it is interesting to note that prior occupancy modified the yield of Japanese traps. In general, trap yield was lower with adult males as prior occupants than with no prior occupant (control), and the reduction was significant in the second experiment. Other authors also observed a decrease in the yield of traps with occupying crabs compared to traps without occupying crabs. Miller (1978a) explains this effect by the intimidation of crabs approaching the trap by those captive inside the trap. We also noted a reduction in the yield of the Japanese trap when it was occupied by one or more recently moulted males. In this case, however, the yield reduction was directly proportional to the number of occupying crabs that died during the experiment. The yield reduction can thus be attributed to the aversion of snow crabs for dead conspecifics, as is the case with other species (Hancock, 1974; Miller, 1990). This aversion may have an adaptive value if it allows individuals to avoid conditions likely to result in wounds or death. Our study confirms the great vulnerability of recently moulted crabs and highlights the fact that they must be handled delicately and returned to the water as soon as possible (see Miller, 1977; Dufour et al., 1997). It also suggests that cannibalism documented in wild snow crabs (Lovrich and Sainte-Marie, 1997) results mostly or exclusively from predation, and not from necrophagia.

Our study also reveals a very important variation of adult male catchability by size. The decreasing catchability of adult males as size decreased, starting from a maximum catchability at 107 mm of CW, probably reflects the combined impact of a decreasing odour detection threshold and mobility, an increasing difficulty to climb the walls of the trap to enter it, and an increasing facility to escape through the meshes of the trap. Several studies showed that Japanese traps (approximately 1.2 m at the base and 0.6 m in height) and conical or pyramidal traps (approximately 1.7–1.8 m at the base and 0.5–0.7 m in height) selected larger crabs than rectangular traps, which have a less tilted access slope (Lafleur et al., 1983; Dufour, 1984; Moriyasu et al., 1990). Moreover, the minimum and average sizes of crabs retained in Japanese traps are directly proportional to the mesh size used (e.g., Tanino and Kato, 1971; Jeong et al., 2000). In our experiment, however, the progressive reduction of the catchability of adult males with a CW greater than 107 mm probably demonstrates their increasing capability to escape from the trap by the apical entry once satiated. Miller (1990) summarizes the relationships between the catchability and the size of the individuals by stating that they are similar to an asymptotic relationship for certain species or a bell-shaped function for others.

There are only two other studies that tried to evaluate the catchability of snow crabs by baited traps. In the study of Miller (1975), the catchability of males larger than 90 mm CW was evaluated by comparing the yield of Japanese traps with the bottom density of crabs measured through photographic surveys; it varied on average between 2472 and 5293 m^2, depending on the location (general average: 4194 m^2). In the study of Brêthes et al. (1985), the catchability of males with a CW greater than 85 mm was indirectly estimated from a capture–recapture experiment and varied from 8800 to 15200 m^2 for a pyramidal type trap (see the criticism of Miller, 1985, followed by the response of Brêthes, 1985). However, neither of these two studies took into account the maturity or relative age of males during the assessment of catchability, and it may also be possible that the average and maximum sizes of the males in the target population varied considerably between the two studies. So, any comparison between these studies is difficult. Our estimates for all males having a CW > 90 or > 85 mm (Table 5) are respectively

4.2 times greater than the general average of Miller (1975) and 1.4 times greater than the middle value (i.e., 12,150 m^2) established by Brêthes et al. (1985).

4.2 STUDY LIMIT

A possible bias of our study, involving an under-evaluation of density and thus an over-evaluation of catchability, is associated with the coefficient of catchability of snow crab by the beam trawl, which is unknown. Miller (1975) also used a beam trawl to evaluate the density of snow crabs and concluded that this trawl under-estimated the density by a factor of 3.6 to 5.6 times compared to photographic estimates, which were considered to be representative. He also noted, like Powles (1968) did before, that large crabs seemed to avoid the trawl. However, our trawling technique was different from that of Miller (1975) as our trawl had chains to dislodge buried crabs and was towed at almost twice the speed and without stopping after the initial uncoiling of the cable. We did not note any difference in average size of adult males with an intermediate shell caught with the trawl and the traps, which can suggest that our trawl and our mode of fishing were more effective than those of Miller.

4.3 PRACTICAL APPLICATIONS

The practical aspect of our study for snow crab stock assessments based on CPUE of commercial or research traps is rather obvious. On one hand, whatever the type of trap used, it is certain that the catchability of adolescent males, recently moulted adult males and senescent adult males will be quite lower than that of adult males with an intermediate shell. Consequently, the traps will present a biased image of the population's demographic structure. Since snow crab populations of the Gulf of St. Lawrence are apparently prone to alternating episodes of intense recruitment and very low recruitment (e.g., Hare and Dunn, 1993; Conan et al., 1996; Sainte-Marie et al., 1996), it is clear that the temporal perception of the maximum abundance and the subsequent decline of the commercial fraction of the population will be noted with a delay of approximately one or two years in the trap surveys and the commercial fishery compared to reality and to the perception from trawl survey results. Indeed, the very marked increase in the catchability of adult males between the moult and the time the intermediate shell condition is reached—that is to say approximately two years—will largely compensate for their numerical decline in the initial phase of population decrease. On the contrary, the perception of commercial biomass increase from trap surveys should occur with a certain delay compared to the reality and to the trawl survey results. It is also obvious that trap surveys will under-estimate the importance of future recruitment, adolescents being much less catchable than adults. Finally, in the event of a great abundance of snow crabs, it is possible that traps become saturated (Miller, 1978b, 1990) and thus that the catch per unit of effort will not adequately reflect the availability of crabs.

Baited traps will also introduce a biased perception of the adult male population size structure, but in this case, the impact will probably be closely related to the type of trap used. Small adult males will always be under-represented compared to larger adult males. However, it is likely that the conical traps—whose popularity has greatly increased since the time our study was made—retain a more significant fraction (if not the totality) of the very large males than Japanese traps

do because of their greater volume and height, which reduce the possibility of escapement. It would thus be important to repeat the experiments on catchability with the conical traps usually employed in the post-season surveys in order to adequately quantify their selectivity.

The gap between the real demographic structure of a snow crab population and the perception we have of it based on a trap survey could be filled by applying correction factors to the trap yields for the various categories of males. Although the results of this study make it possible to calculate such correction factors, one should ensure that these factors are suitable (robust) in a wide range of demographic contexts since the interactions between various categories of males could influence their catchability. For example, when adolescent males outnumber adult males with intermediate shells, does the catchability of both categories remain the same as it would be in the opposite situation? A possible option to verify this assumption would be to carry out an experiment to evaluate the catchability of males at several sites with homogeneous abiotic characteristics, but with different demographic structures.

5.0 CONCLUSION

The relationships between the catchability of snow crab by the Japanese trap and its availability (abundance) on the bottom are complex and depend on maturity, relative age (time elapsed since the moult) and size of individuals. Although the extent of the coefficient of catchability is certainly influenced by the type of trap, some of the answers observed in this study are probably invariable. Adolescent males will always be less catchable that adult males, and recently moulted or senescent males will always be less catchable that males with an intermediate shell. On the other hand, the relation between the catchability and size of adult males with an intermediate shell is probably closely related to the type and mesh size of the traps used.

Our study shows that catchability can be modelled according to the various criteria of maturity and relative age of snow crab. Such an approach would make it possible to correct the abundance indices derived from commercial fishery and research trap surveys in order to better quantify the abundance and the demographic situation of the snow crab stocks from year to year. This represents an essential step for the modelling and the formal analysis of populations based on trap fishing data (see Zheng et al., 1996). It would thus be important to repeat our study with the type(s) of traps used for post-season surveys. Finally, our study as well as previous studies on the selectivity of various types of traps indirectly revealed that it would be important to encourage the adoption of a single type of trap and mesh size for the post-season research surveys. One can also ask if the quality of the assessment of snow crab population status based on commercial fishery data would not be greatly improved by the imposition of limits on the type of trap and mesh size authorized for commercial fishing.

6.0 ACKNOWLEDGEMENTS

We are most grateful to Sylvie Bouchard and François Hazel for their logistic assistance in the field or for data entry. We also want to thank captain Jean-Paul Boudreau and the crew of the *Calanus II*, who contributed to the success of the operations at sea. Finally, we express our

thanks to Diane Bélanger, Anne-Marie Clément, Luc Bourassa, Laure Devine, Réjean Dufour, Louise Gendron and Sylvain Hurtubise whose comments or editorial help allowed us to improve this document.

7.0 REFERENCES

Addison, J.T., and R.C.A. Bannister. 1998. Quantifying potential impacts of behavioral factors on crustacean stock monitoring and assessment: modeling and experimental approaches. *In* G.S. Jamieson and A. Campbell (eds.), Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125, pp. 167-177.

Bailey, R.F.J. 1978. Status of snow crab (*Chionoecetes opilio*) stocks in the Gulf of St. Lawrence. Can. Atl. Fish. Sci. Adv. Comm. Res. Doc. 1978/27, 39 pp.

Bailey, R.F.J. and R.W. Elner. 1989. Northwest Atlantic snow crab fisheries: lessons in research and management. *In* J.F. Caddy (ed.), Marine invertebrate fisheries: their assessment and management. John Wiley & Sons, New York, pp. 261-280.

Brêthes, J.-C. 1985. Response to comments of R.J. Miller. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 6: 174-175.

Brêthes J.-C., R. Bouchard and G. Desrosiers. 1985. Determination of the area prospected by a baited trap from a tagging and recapture experiment with snow crabs (*Chionoecetes opilio*). J. Northw. Atl. Fish. Sci. 6: 37-42.

Comeau, M., and G.Y. Conan. 1992. Morphometry and gonad maturity of male snow crab, *Chionoecetes opilio*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 2460-2468.

Conan, G.Y., and M. Comeau. 1986. Functional maturity and terminal molt of male snow crab, *Chionoecetes opilio*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 1710-1719.

Conan, G.Y., M. Starr, M. Comeau, J.-C. Therriault, F.X. Maynou i Hernàndez and G. Robichaud. 1996. Life history strategies, recruitment fluctuations, and management of the Bonne Bay Fjord Atlantic snow crab (*Chionoecetes opilio*). *In* High latitude crabs: biology, management, and economics. Proceedings of the International Symposium on Biology, Management, and Economics of Crabs from High Latitude Habitats. Lowell Wakefield Fish. Symp. Ser., Alaska Sea Grant Coll. Prog. Rep. 96-02, pp 59-67.

Cyr, C., and B. Sainte-Marie. 1995. Catch of Japanese crab traps in relation to bait quantity and shielding. Fish. Res. 24: 129-139.

Dufour, R. 1984. Rendements comparatifs et sélectivité de trois types de casiers à crabes des neiges. Comm. sci. consult. pêches can. Atl. 84/1, 25 pp.

Dufour, R., D. Bernier and J.-C. Brêthes. 1997. Optimisation de la récolte de chair et mortalité durant les opérations de pêche au crabe des neiges (*Chionoecetes opilio* O. Fabricius) dans l'Est canadien. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2152, 31 pp.

Dufour, R., and J.-P. Dallaire. 1999. Le crabe des neiges de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent : état des populations de 1995 à 1998. Secr. can. éval. stocks, Doc. rech. 99/19, 46 pp.

Eggers, D.M., N.A. Richard, O.G. Chapman and R.R. Whitney. 1982. A methodology for estimating area fished by baited hooks and traps along a ground line. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 448-453.

Gros, P., and L. Santarelli. 1986. Méthode d'estimation de la surface de pêche d'un casier à l'aide d'une filière expérimentale. Oceanol. Acta 9: 81-87.

Hancock, D.A. 1974. Attraction and avoidance in marine invertebrates: their possible role in developing an artificial bait. ICES J. Cons. 35: 328-331.

Hare, G.M., and D.L. Dunn. 1993. A retrospective analysis of the Gulf of St. Lawrence snow crab (*Chionoecetes opilio*) fishery 1965-1990. *In* L.S. Parsons and W.H. Lear (eds), Perspectives on Canadian marine fisheries management, Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 226, pp. 177-192.

Hoenig, J.M., and E.G. Dawe. 1991. Relative selectivity of four sampling methods using traps and trawls for male snow crabs (*Chionoecetes opilio*). Can. Atl. Fish. Sci. Adv. Comm., working paper 91-17, 17 pp.

Jeong, E.-C., C.-D. Park, S.-W. Park, J.-H. Lee and T. Tokai. 2000. Size selectivity of trap for male red queen crab *Chionoecetes japonicus* with the extended SELECT model. Fish. Sci. 66: 494-501.

Karnofsky, E.B., and H.J. Price. 1989. Behavioural response of the lobster *Homarus americanus* to traps. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 1625-1632.

Lafleur, P.-É., M. Monette and M. Gaudet. 1983. Évaluation du rendement et de la sélectivité de trois types de casiers à crabes. Min. Agr. Pêch. Alim. Qué., Dir. rech. sci. tech., Cah. d'inform. 102, 32 pp.

Lapointe, V., and B. Sainte-Marie. 1992. Currents, predators, and the aggregation of the gastropod *Buccinum undatum* around bait. Mar. Ecol. Prog. Ser. 85: 245-257.

Lovrich, G.A., and B. Sainte-Marie. 1997. Cannibalism in the snow crab, *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) (Brachyura: Majidae), and its potential importance to recruitment. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 211: 225-245.

Mackie, A.M. 1973. The chemical basis of food detection in the lobster *Homarus gammarus*. Mar. Biol. 21: 103-108.

Mayrand, E., J.-D. Dutil and H. Guderley. 2000. Changes in muscle of postmoult snow crabs *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) fed different rations. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 243: 95-113.

McLeese, D.W. 1970. Detection of dissolved substances by the American lobster (*Homarus americanus*) and olfactory attraction between lobsters. J. Fish. Res. Board Can. 27: 1371-1378.

McQuinn, I.H., L. Gendron and J.H. Himmelman. 1988. Area of attraction and effective area fished by a whelk (*Buccinum undatum*) trap under variable conditions. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 2054-2060.

Miller, R.J. 1975. Density of the commercial spider crab, *Chionoecetes opilio*, and calibration of effective area fished per trap using bottom photography. J. Fish. Res. Board Can. 32: 761-768.

Miller, R.J. 1976. North American crab fisheries: regulations and their rationales. Fish. Bull. U.S. 74: 623-633.

Miller, R.J. 1977. Resource underutilization in a spider crab industry. Fisheries 2: 9-13.

Miller, R.J. 1978a. Entry of *Cancer productus* to baited traps. J. Cons. Int. Explor. Mer 38: 220-225.

Miller, R.J. 1978b. Saturation of crab traps: reduced entry and escapement. J. Cons. Int. Explor. Mer 38: 338-345.

Miller, R.J. 1985. Comments on paper by Brêthes et al. (1985). J. Northw. Atl. Fish. Sci. 6: 173-174.

Miller, R.J. 1990. Effectiveness of crab and lobster traps. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47: 1228-1251.

Moore, P.A., M.J. Weissburg, J.M. Parrish, R.K. Zimmer-Faust and G.A. Gerhardt. 1994. Spatial distribution of odors in simulated benthic boundary layer flows. J. Chem. Ecol. 20: 255-279.

Morgan, G.R. 1974. Aspects of the population dynamics of the western rock lobster, *Panulirus cygnus* George. II. Seasonal changes in the catchability coefficient. Aust. J. Mar. Freshwat. Res. 25: 249-259.

Moriyasu, M., Y.J. Chiasson and P. DeGrâce. 1990. Study on catchability and size structure of snow crab (*Chionoecetes opilio*) in relation to three different trap types. Can. Atl. Fish. Sci. Adv. Comm. 90/29, 16 pp.

Morrissy, N.M. 1975. The influence of sampling intensity on the catchability of marron, *Cherax tenuimanus* (Smith) (Decapoda: Parastacidae). Aust. J. Mar. Freshwater Res. 26: 47-73.

O'Halloran, M.J., and R.K. O'Dor. 1988. Molt cycle of male snow crabs, *Chionoecetes opilio*, from observations of external features, setal changes, and feeding behavior. J. Crustac. Biol. 8: 164-176.

Okubo, A. 1980. Diffusion and ecological problems: mathematical models. Springer-Verlag, Berlin. 168 pp.

Powles, N.W. 1968. Distribution and biology of the spider crab, *Chionoecetes opilio*, in the Magdalen Shallows, Gulf of St. Lawrence. Fish. Res. Board Can. MS Rep. 997, 106 pp.

Sainte-Marie, B. 1986a. Feeding and swimming of lysianassid amphipods in a shallow cold-water bay. Mar. Biol. 91: 219-229.

Sainte-Marie, B. 1986b. Effect of bait size and sampling time on the attraction of the lysianassid amphipods *Anonyx sarsi* Steele & Brunel and *Orchomenella pinguis* (Boeck). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 99: 63-77.

Sainte-Marie, B. 1993. Reproductive cycle and fecundity of primiparous and multiparous female snow crab, *Chionoecetes opilio*, in the Northwest Gulf of Saint Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 2147-2156.

Sainte-Marie, B., J.-C. Brêthes and S. Raymond. 1995. Growth and maturation of the benthic stages of male snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura: Majidae). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 903-924.

Sainte-Marie, B., and B.T. Hargrave. 1987. Estimation of scavenger abundance and distance of attraction to bait. Mar. Biol. 94: 431-443.

Sainte-Marie, B., and F. Hazel. 1992. Moulting and mating of snow crabs, *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius), in shallow waters of the northwestern Gulf of Saint Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 1282-1293.

Sainte-Marie, B., J.-M. Sévigny and Y. Gauthier. 1997. Laboratory behavior of adolescent and adult males of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) (Brachyura: Majidae) mated noncompetitively and competitively with primiparous females. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 239-248.

Sainte-Marie, B., J.-M. Sévigny, B.D. Smith and G.A. Lovrich. 1996. Recruitment variability in snow crab (*Chionoecetes opilio*): pattern, possible causes, and implications for fishery management. *In* High latitude crabs: biology, management, and economics. Proceedings of the International Symposium on Biology, Management, and Economics of Crabs from High Latitude Habitats. Lowell Wakefield Fish. Symp. Ser., Alaska Sea Grant Coll. Prog. Rep. 96-02, pp. 451-478.

Sainte-Marie, B., N. Urbani, F. Hazel, J.-M. Sévigny and U. Kuhnlein. 1999. Multiple choice criteria and the dynamics of assortative mating during the first breeding period of female snow crab *Chionoecetes opilio* (Brachyura, Majidae). Mar. Ecol. Prog. Ser. 181: 141-153.

Tanino, Y., and F. Kato. 1971. The fishing efficiency and selectivity of Beni-zuwai crab traps. Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab. 23: 101-117.

Vienneau, R., A. Paulin and M. Moriyasu. 1993. Evaluation of the catch mechanism of conventional conical snow crab (*Chionoecetes opilio*) traps by underwater video camera observations. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1903, 15 pp.

Watson, J. 1971. Ecdysis of the snow crab, *Chionoecetes opilio*. Can. J. Zool. 49: 1025-1027.

Zheng, J., M.C. Murphy and G.H. Kruse. 1996. A catch-length analysis for crab populations. Fish. Bull. 94: 576-588.

Évaluation de la capturabilité du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) par le casier japonais

Bernard Sainte-Marie et Christian Turcotte

Direction Régionale des Sciences
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, 850 route de la Mer
Mont-Joli, QC
G5H 3Z4

2003

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2508

Pêches et Océans Fisheries and Oceans Canada

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications intégrales. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont indexés dans la base de données *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement d'origine dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contribute to existing knowledge but that are not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter, and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is indexed in the data base *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Numbers 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

**Rapport technique canadien
des sciences halieutiques et aquatiques 2508**

2003

Évaluation de la capturabilité du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) par le casier japonais

Bernard Sainte-Marie et Christian Turcotte

Direction régionale des sciences
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, 850 route de la Mer
Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

© Sa majesté la Reine du Chef du Canada, 2003
No de cat Fs 97-6/2508F ISSN 0706-6570

On devra citer la publication comme suit :

Sainte-Marie, B. et C. Turcotte. 2003. Évaluation de la capturabilité du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) par le casier japonais. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2508F : vii + 23 p.

This publication is also available in English.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX iv

LISTE DES FIGURES v

RÉSUMÉ vi

ABSTRACT vii

1.0 INTRODUCTION 1

2.0 MATÉRIEL ET MÉTHODES 3

2.1 PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL 3
2.1.1 Site expérimental, engins de pêche et caractérisation des crabes 3
2.1.2 Capturabilité du crabe des neiges par le casier japonais 4
2.1.3 Influence de l'occupation préalable 5

2.2 TRAITEMENT DES DONNÉES 5

3.0 RÉSULTATS 6

3.1 INDÉPENDANCE DES CASIERS SUR UNE MÊME LIGNE 6

3.2 CAPTURABILITÉ 7

3.3 INFLUENCE DE L'OCCUPATION PRÉALABLE 12

4.0 DISCUSSION 14

4.1 VARIABILITÉ DE LA CAPTURABILITÉ 14

4.2 LIMITE DE L'ÉTUDE 17

4.3 APPLICATIONS PRATIQUES 17

5.0 CONCLUSION 18

6.0 REMERCIEMENTS 19

7.0 RÉFÉRENCES 19

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Nature et dates des expériences sur le rendement en crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) du casier japonais lors de pêches expérimentales réalisées sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent en 1992 3

Tableau 2. Rendement moyen (nombre d'individus ± erreur type) de mâles du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) capturés par casier japonais lors de l'expérience sur la capturabilité en fonction de la position du casier sur les lignes 7

Tableau 3. Sommaire du rendement moyen (nombre d'individus ± erreur type) et des caractéristiques moyennes (± erreur type) de tous les mâles du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) capturés lors de l'expérience sur la capturabilité en fonction de l'engin de pêche 7

Tableau 4. Moyenne (± erreur type) du rendement des casiers japonais et de la densité sur le fond des mâles préadultes et adultes du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) lors de l'expérience sur la capturabilité en fonction de la localisation des lignes de casiers et de traits de chalut. 10

Tableau 5. Estimés de la capturabilité moyenne (± erreur type) des mâles du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) par le casier japonais en fonction de différents critères de maturité et de taille. 11

Tableau 6. Sommaire du rendement moyen et des caractéristiques moyennes (± erreur type) des mâles du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) capturés par les casiers japonais lors des expériences sur l'effet de l'occupation préalable, ainsi que de la mortalité des occupants préalables 14

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Répartition de l'ensemble des mâles, des mâles préadultes et des mâles adultes du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) capturés par le chalut à perche (barres blanches) et les casiers japonais (barres grises) lors de l'expérience sur la capturabilité en fonction de leur état de carapace. 8

Figure 2. Distribution des fréquences de largeur de carapace des mâles préadultes et adultes du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) capturés par le chalut à perche et les casiers japonais lors de l'expérience sur la capturabilité. 9

Figure 3. Variation de la capturabilité (q) moyenne des mâles adultes à carapace intermédiaire du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) par le casier japonais en fonction de leur largeur de carapace. 12

Figure 4. Distribution des fréquences de largeur de carapace de tous les mâles du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) capturés (1 828 individus) au cours des deux expériences sur l'effet de l'occupation préalable sur le rendement du casier japonais. 13

RÉSUMÉ

Sainte-Marie, B. et C. Turcotte. 2003. Évaluation de la capturabilité du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) par le casier japonais. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2508F : vii + 23 p.

Des expériences ont été réalisées à l'été 1992 sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent afin de déterminer la capturabilité du crabe des neiges par le casier japonais. La capturabilité, ou surface effective de pêche d'un casier, est le quotient du nombre moyen d'individus capturés par un casier et de la densité de ces individus sur le fond. La capturabilité s'exprime en mètres carrés. Nous avons évalué la densité de crabes sur le fond à l'aide d'un chalut à perche. La capturabilité a été déterminée pour les mâles de différentes catégories de maturité (adolescent versus adulte), d'âge relatif (temps écoulé depuis la dernière mue) et de taille. De plus, nous avons mesuré les effets sur le rendement et la composition des prises d'une occupation préalable des casiers japonais par un ou plusieurs crabes des neiges vivants, soit des mâles adolescents à carapace dure, des mâles adultes à carapace molle (récemment mués) ou des mâles adultes à carapace dure. Les casiers japonais se sont avérés très sélectifs pour les mâles adultes de taille légale (≥ 95 mm de largeur de carapace, LC) à carapace intermédiaire (âgés d'environ 2 à 3 ans depuis la mue terminale). Ceux-ci avaient une capturabilité 1000 fois supérieure (environ 63 000 m^2) à celle des mâles adultes de taille légale mués depuis quelques semaines et 10 fois supérieure à celle des mâles adultes de taille légale à vieille carapace (âgés d'environ 5 à 6 ans depuis la mue terminale). Les mâles adolescents de taille légale étaient 30 fois moins capturables que les mâles adultes de taille légale à carapace intermédiaire. La relation entre la capturabilité et la taille des mâles adultes à carapace intermédiaire avait la forme d'une cloche, les mâles de moins de 80 mm de LC comme ceux de plus de 135 mm de LC étant peu capturables. Les raisons pour les différences de capturabilité entre catégories de mâles sont discutées. De façon générale, l'occupation préalable par des mâles adultes à carapace dure a entraîné une baisse modérée du rendement du casier japonais, probablement en raison d'une intimidation des crabes à l'extérieur du casier. L'occupation préalable par des mâles adultes récemment mués a entraîné une baisse très importante du rendement du casier japonais. Cependant, cette baisse de rendement est attribuable à la forte mortalité des crabes récemment mués et à l'aversion du crabe des neiges pour ses congénères morts. Les résultats de la présente étude pourraient servir à ajuster les rendements des casiers japonais utilisés dans la pêche commerciale ou les relevés post-saison afin que les indices d'abondance qui en sont tirés soient plus représentatifs de la réalité démographique des populations échantillonnées.

ABSTRACT

Sainte-Marie, B. et C. Turcotte. 2003. Évaluation de la capturabilité du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) par le casier japonais. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2508F : vii + 23 p.

Experiments were performed in summer 1992 on the south shore of the Saint Lawrence Estuary to determine catchability of snow crab by the Japanese trap. Catchability, or trap effective fishing area, is the quotient of the mean number of individuals captured by a trap over the density of these individuals on the bottom. The units for expressing catchability are square metres. We evaluated crab density on the bottom with a beam trawl. Catchability was determined for males in various categories of maturity (adolescent versus adult), relative age (time elapsed since last moult) and size. Furthermore, we measured the effects on catch composition and yield of Japanese traps of prior occupancy by one or more live snow crabs, either hard-shell adolescent males, soft-shell (recently moulted) adult males or hard-shell adult males. Japanese traps were highly selective for adult males of legal size (≥ 95 mm carapace width, CW) with an intermediate shell condition (aged about 2–3 years since terminal moult). The catchability of these males was 1000 times greater (about 63,000 m^2) than that of legal-size adult males moulted since a few weeks and 10 times greater than that of legal-size adult males with an old shell (aged about 5–6 years since terminal moult). Adolescent males of legal size were about 30 times less catchable than legal-size adult males with an intermediate shell. The relationship between catchability and size of adult males with an intermediate shell was dome-shaped, with males smaller than 80 mm CW and males larger than 135 mm CW having low catchability. Reasons for the differences of catchability among male categories are discussed. In general, the prior occupancy by hard-shell adult males resulted in a moderate reduction of the yield of Japanese traps, probably because crabs outside the traps were intimidated. Prior occupancy of Japanese traps by soft-shell adult males resulted in a large reduction of yield. However, this decrease can be attributed to the high mortality of soft-shell crabs and the snow crab's aversion for dead conspecifics. The results of the present study could be used to adjust the yield of Japanese traps used in the commercial fishery or post-season trap surveys so that derived abundance indices better reflect the demography of the sampled populations.

1.0 INTRODUCTION

Dans l'est du Canada, l'exploitation du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*, Brachyura : Majoidea) a vu le jour au début des années 1960, mais elle n'est devenue étendue et intensive que vers le début des années 1980 (Bailey, 1978 ; Hare et Dunn, 1993). En 2002, les débarquements atteignaient un record de 105 700 t et une valeur de plus de 411 millions de dollars canadiens (É. Koulouris, MPO, région du Québec, comm. pers.). La pêche commerciale cible uniquement les plus grands mâles en raison d'une réglementation imposant une taille minimale de 95 mm de largeur de carapace (LC) et une interdiction de débarquer les femelles (Miller, 1976). La pêche est de plus régie par un TAC (total admissible des captures) par zone de pêche, un nombre limité de permis par zone, un quota par permis et une limite du nombre de casiers par permis. Le rejet en mer des crabes de taille légale est généralement prohibé, bien que des mesures d'exception existent dans certaines zones pour les mâles de taille légale qui sont adolescents ou récemment mués (appelés crabes « blancs »). Dans plusieurs régions, la saison de pêche est d'une durée limitée et il existe des protocoles de fermeture partielle ou complète des zones de pêche quand la proportion de crabes récemment mués dans les prises dépasse un certain seuil, généralement 20 % (Bailey et Elner, 1989).

Au Canada, la pêche au crabe des neiges est pratiquée à l'aide de casiers appâtés. Plusieurs types de casiers existent : les modèles japonais, conique et rectangulaire sont les plus populaires (Lafleur et al., 1983). Le casier japonais est encore le principal piège utilisé dans les zones de pêche de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent (R. Dufour, MPO, région du Québec, comm. pers.). Il a la forme d'un cône tronqué, avec un diamètre de 1,22 m à la base et de 0,71 m à l'apex pour une hauteur de 0,58 m. L'entrée unique, d'un diamètre de 0,51 m, est en position apicale et est pourvue d'une jupe en plastique rigide pour réduire l'échappement (Lafleur et al., 1983). Un sac-filet contenant un appât, la plupart du temps constitué de hareng décongelé, est suspendu près de l'entrée à l'intérieur du casier. Certains constituants de l'appât diffusent ou sont lessivés par le courant dans l'environnement, formant un panache dont la forme et l'étendue spatiale dépendront de la taille de la source ainsi que de la vitesse et de la turbulence de l'écoulement (Okubo, 1980 ; Sainte-Marie et Hargrave, 1987 ; Moore et al., 1994). Comme les autres animaux marins carnivores ou nécrophages, le crabe des neiges est attiré à un casier appâté par olfaction (McLeese, 1970 ; Mackie, 1973 ; Hancock, 1974) et c'est donc à contre-courant qu'il s'y dirige (Karnofsky et Price, 1989 ; Lapointe et Sainte-Marie, 1992 ; Vienneau et al., 1993).

Le coefficient de capturabilité (appelé simplement capturabilité ci-après) est une mesure de la vulnérabilité d'une espèce à un type d'engin de pêche donné. Selon Morgan (1974), la façon la plus directe d'évaluer la capturabilité est de mesurer simultanément la prise par unité d'effort (PUE) de l'engin de pêche et la densité de l'espèce cible. Appliqué au cas d'un organisme benthique comme le crabe des neiges et au casier japonais, la capturabilité (q) est calculée comme :

$$q = \mathrm{PUE} \cdot \mathrm{D}^{-1}$$

où D est la densité des crabes sur le fond (Miller, 1990). Le concept de la capturabilité, lorsqu'il est appliqué à un casier appâté, est aussi appelé « aire effective de pêche du casier » et il a une surface (par ex. : m^2, hectare) pour unité de mesure. La capturabilité est donc un estimé de la surface minimale de fond exploitée par le casier, en supposant que tous les individus y sont attirés. Dans les faits, l'aire d'attraction d'un casier appâté — c'est-à-dire la surface réelle de fond sur laquelle le panache d'odeur du casier est perceptible par certains animaux au moins — est plus grande que ne le montre le coefficient de capturabilité, car tous les individus ne sont pas également attirés à un casier appâté et tous ne sont pas capables d'y entrer ou n'y sont pas retenus (Miller 1978a, 1978b, 1990 ; Lafleur et al., 1983 ; Brêthes et al., 1985 ; McQuinn et al., 1988 ; Cyr et Sainte-Marie, 1995).

La quantité et la qualité de l'appât, la disponibilité de sources alternatives de nourriture et les conditions physico-chimiques du milieu, tels le niveau d'éclairement, la vitesse et la turbulence du courant, ainsi que la température, peuvent avoir une influence importante sur le nombre d'animaux attirés à un casier appâté ainsi que sur la composition des captures (Morrissy, 1975 ; Sainte-Marie et Hargrave, 1987 ; Miller, 1990 ; Cyr et Sainte-Marie, 1995). Cependant, selon Brêthes et al. (1985), l'abondance et les paramètres biologiques de la population expliqueraient une grande partie de la variabilité de la prise par unité d'effort (PUE). Ces paramètres incluent entre autres le sexe, la maturité, le stade de mue et la taille des crabes, qui détermineraient dans une large mesure la vulnérabilité des individus aux casiers appâtés (Miller, 1990).

On reconnaît trois stades successifs de maturité chez le mâle du crabe des neiges — immature, adolescent et adulte — séparés par des mues dites « critiques » (Comeau et Conan, 1992 ; Sainte-Marie et al., 1995). La mue qui fait passer le crabe d'immature à adolescent est marquée par le début de la production de sperme et par une légère accélération de la croissance de la pince par rapport au céphalothorax. La seconde mue critique, qui est une mue terminale, détermine une forte et subite augmentation de la taille de la pince relativement à celle du céphalothorax. Les mâles adolescents sont moins agressifs que les mâles adultes (Conan et Comeau, 1986 ; Sainte-Marie et al., 1997) et ils seraient aussi moins vulnérables aux casiers appâtés (Hoenig et Dawe, 1991). Il se peut donc que l'identité des premiers crabes attirés dans un casier en affecte la « colonisation » subséquente (voir par exemple Addison et Bannister, 1998).

Après la mue, les mâles du crabe des neiges ne s'alimentent pas pendant une période de temps qui va de quelques jours à quelques semaines (Watson, 1971 ; O'Halloran et O'Dor, 1988 ; Mayrand et al., 2000) et ils seraient donc très peu vulnérables aux casiers appâtés (Hoenig et Dawe, 1991). Après une mue terminale, les mâles devenus adultes durcissent leur carapace et s'emplissent de chair pendant 1 à 2 ans, maintiennent une condition optimale pendant environ deux ans, puis se détériorent graduellement en raison du vieillissement et des blessures accumulées jusqu'à ce que mort s'ensuive 5-7 ans après la mue (Sainte-Marie et al., 1995 ; B. Sainte-Marie et F. Hazel, données non publiées). Le temps écoulé depuis la dernière mue (appelé âge relatif dans le présent document) d'un crabe adulte peut être déterminé par l'apparence et la dureté de la carapace. Il est vraisemblable que l'âge relatif affecte la vulnérabilité d'un individu aux casiers appâtés, les individus sénescents étant présumés peu capturables (B. Sainte-Marie, données non publiées).

L'évaluation des stocks de crabe des neiges repose en grande partie sur des indices d'abondance qui sont dérivés des PUE de la pêche commerciale et des relevés de recherche effectués à l'aide de chaluts ou de casiers appâtés (Dufour et Dallaire, 1999). Dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent, des relevés sont réalisés régulièrement ou de façon intermittente avec un chalut à perche d'une ouverture horizontale de 3 m. Cependant, les fonds sont trop accidentés pour permettre une couverture complète du territoire avec le chalut. En conséquence, le MPO et les associations de pêcheurs ont développé conjointement des relevés post-saison effectués avec des casiers appâtés pour chacune des zones de pêche. Les variations entre régions ou années de la PUE des casiers refléteraient principalement des variations d'abondance au sein de la population exploitée. Cependant, nous ne connaissons pas bien la vulnérabilité aux casiers des mâles en fonction de leur maturité, stade de mue, âge relatif et taille. Cette information est essentielle à une éventuelle modélisation de l'abondance, de la production, du taux d'exploitation et du rendement attendu des populations à partir des données de la pêche aux casiers (par ex. : Zheng et al., 1996). La présente étude vise à combler ces lacunes, au moins partiellement.

2.0 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

2.1.1 Site expérimental, engins de pêche et caractérisation des crabes

Trois expériences (Tableau 1) ont été réalisées en 1992 au large de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent (environ 48° 38,5' N, 68° 21,75' O), entre Rimouski et Sainte-Luce, à des profondeurs variant de 40 à 75 m. Les fonds dans cette région sont de vase fine. L'écoulement de l'eau, influencée principalement par le courant de Gaspé et les courants de marées, se fait à peu près parallèlement à la côte. La zone d'étude est pêchée commercialement, cependant la pêche était déjà terminée lorsque les expériences ont été réalisées.

Tableau 1. Nature et dates des expériences sur le rendement en crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) du casier japonais lors de pêches expérimentales réalisées sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent en 1992.

Expérience	Dates	Traitements (nombre de casiers par jour)
Capturabilité	14–15 juin	Appât hareng seulement (20)
Occupation préalable	18–19 juin	Appât hareng + mâle adulte mou (8), appât hareng + mâle adulte dur (8), appât hareng seulement (8)
Occupation préalable	21–22 juin	Appât hareng + mâle adolescent (8), appât hareng + mâle adulte dur (8), appât hareng seulement (8)

La première expérience visait à évaluer la capturabilité du crabe des neiges par le casier japonais en fonction du stade de maturité, de l'âge relatif et de la taille des mâles. Les deuxième et troisième expériences avaient pour but de mesurer l'effet sur le rendement du casier japonais d'une occupation préalable par un ou des crabe(s) mâle(s) vivant(s) à caractéristiques prédéterminées (adultes durs versus adultes mous et adolescents durs versus adultes durs). Ces crabes occupants ont été acquis soit à l'aide d'un chalut à perche avant le début de l'expérience ou à partir du contenu même des casiers une fois les expériences démarrées. Le nombre d'occupants a varié de 1 à 6 par casier et aucun crabe occupant n'a été utilisé plus d'une fois.

Les casiers japonais utilisés avait exactement la configuration décrite dans l'Introduction et étaient recouverts de mailles étirées de 135 mm. Chaque casier était appâté avec cinq harengs (*Clupea harengus*), d'environ 200 g chacun, enfermés dans un sac à « boette » à mailles étirées de 25 mm. Chaque casier pêché avait sa propre bouée et était indépendant (non relié par un câble) des casiers voisins. Le chalut à perche utilisé avait une ouverture de trois mètres, pour une largeur effective de pêche de 2,5 m. Il était muni de chaînes débusqueuses pour déloger les crabes enfouis et sa poche était doublée d'un filet à mailles étirées de 15 mm.

Tous les crabes capturés par casier ou chalut ont été dénombrés et caractérisés de la façon suivante. Le sexe a été déterminé par la forme de l'abdomen, suboval ou circulaire chez la femelle et triangulaire chez le mâle. La largeur de carapace (LC) et la hauteur de pince (HP), excluant les épines dans les deux cas, ont été mesurées avec un vernier avec une précision de 0,1 mm. La maturité des mâles a été établie à partir de l'équation discriminante de Sainte-Marie et Hazel (1992):

$$\ln HP_{obs} - \ln HP_{att}$$

$$\text{où } \ln HP_{att} = -2{,}6077 + 1{,}2209 \cdot \ln LC_{obs}$$

selon laquelle un mâle est considéré adolescent ou adulte lorsque la différence entre la HP observée (HP_{obs}) et la HP attendue (HP_{att}) pour une LC observée (LC_{obs}) est respectivement < 0 ou ≥ 0. L'état de la carapace (EC) a été décrite selon l'échelle arbitraire : 1 = mou et propre ; 2 = dur et propre ; 3 = intermédiaire ; 4 = dur et sale ; 5 = mou et sale (voir Sainte-Marie, 1993). Cependant, aucun crabe à EC5 n'a été capturé au cours de notre étude. La progression de EC1 à EC5 reflète un changement temporel graduel dans la condition de carapace du crabe depuis sa dernière mue. Pour les besoins de certaines analyses de la présente étude, nous avons regroupé les EC en trois catégories : N = 1 et 2 (Nouveau) ; I = 3 (Intermédiaire) ; V = 4 (Vieux).

2.1.2 Capturabilité du crabe des neiges par le casier japonais

Pour le calcul de la capturabilité, nous avons mouillé à deux reprises 20 casiers répartis également entre quatre lignes disposées à peu près perpendiculairement à la côte. Les lignes 1 et 2 ainsi que les lignes 3 et 4 étaient éloignées entre elles de 0,93 km (0,5 mille marin), alors que les lignes 2 et 3 étaient séparées par un espace de 1,85 km (1 mille marin). Les casiers sur une même ligne étaient séparés de 300 m les uns des autres. Après 17 à 27 heures de pêche, les

casiers ont été relevés et leur contenu en crabes a été dénombré et caractérisé tel que décrit plus haut.

La densité de crabes sur le fond a été établie à l'aide du chalut à perche. Le 14 juin 1992, avant la mise à l'eau des casiers, nous avons effectué deux traits de chalut à l'ouest, au centre et à l'est des positions anticipées des lignes de casiers. Le 15 juin, un trait de chalut a été donné à l'ouest et à l'est des lignes de casiers et deux traits de chalut ont été donnés au centre des lignes de casiers, juste avant la levée des casiers mouillés la veille. Les positions de début et de fin de trait furent notées dans le but de calculer l'aire balayée et d'estimer la densité de crabes à partir du nombre de crabes recensés dans chaque trait. En moyenne, le chalut a été remorqué à 3,5–4 nœuds pendant 21,5 minutes et il a balayé environ 6 400 m^2 de fond par trait.

2.1.3 Influence de l'occupation préalable

Pour mesurer l'influence d'un ou plusieurs occupants préalables sur le nombre et la composition des captures, nous avons réalisé deux expériences successives d'une durée de deux jours chacune. À chacune de ces journées, nous avons mouillé 24 casiers partagés également entre trois lignes à peu près perpendiculaires à la côte. Sur chacune des lignes, les casiers étaient éloignés de 0,5 km et les lignes étaient séparées d'environ 1,5 km.

En plus de l'appât de hareng, un type de crabe occupant (Tableau 1) a été attribué aléatoirement aux casiers de chaque ligne. Dans la première des deux expériences, nous avons amorcé huit casiers avec un à six mâles adultes à carapace dure (EC2 et EC3) ainsi que huit casiers avec un à cinq mâles adultes récemment mués (EC1), laissant ainsi huit casiers non amorcés comme témoins pour chaque journée d'échantillonnage. Les crabes occupants avaient une LC supérieure à 100 mm et étaient marqués avec une étiquette spaghetti, portant un numéro unique, nouée autour du céphalothorax afin qu'ils soient reconnus à la levée du casier. La deuxième expérience sur l'influence de l'occupation préalable sur le rendement du casier a été pratiquée de la même manière, sauf que les crabes occupants étaient des mâles adolescents ou adultes à carapace dure. Les adultes utilisés avaient toujours une LC supérieure à 100 mm, tandis que les mâles adolescents avaient entre 60 et 80 mm de LC. À la suite d'une immersion variant entre 17 et 27 heures, nous avons noté la mortalité des occupants et dénombré et caractérisé les prises.

2.2 TRAITEMENT DES DONNÉES

À la levée des casiers, tant dans l'expérience sur la capturabilité que dans les expériences sur l'effet de l'occupation préalable sur le rendement du casier japonais, un certain nombre de casiers étaient vides et avaient un flanc et une partie de l'apex maculés de vase parce qu'ils s'étaient renversés. Tous les casiers présentant ces caractéristiques, soit 12,5% du nombre total de 136 casiers déployés, ont été éliminés des analyses. Le temps d'immersion, assez peu variable, n'a eu aucun effet perceptible sur le rendement des casiers d'après une analyse de corrélation et cette variable n'a donc pas été considérée dans les analyses.

La distance ≥ 300 m séparant les casiers individuels sur une même ligne dans nos expériences a été fixée à dessein à une valeur supérieure au rayon d'attraction estimé d'un casier japonais appâté, soit 140 m au maximum selon Brêthes et al. (1985). Chaque casier était donc présumé indépendant des autres sur une même ligne, ainsi qu'entre les lignes voisines car la distance entre lignes était encore plus grande que celle entre casiers sur une même ligne. Afin de vérifier cette prémisse, nous avons effectué une analyse de variance (ANOVA) à un facteur sur le rendement des casiers de l'expérience sur la capturabilité en fonction de leur position sur les lignes, numérotée de 1 (côte) à 5 (large). Lorsqu'il y a interaction entre casiers sur une même ligne, on s'attend à ce que les casiers intercalés aient des rendements moindres que les casiers aux extrémités d'une ligne (Eggers et al., 1982 ; Gros et Santarelli, 1986).

Les 119 casiers levés et jugés valables au cours des trois expériences n'ont rapporté que 295 femelles sur un total de 2 969 crabes des neiges, soit moins de 9,9 % des prises. En raison de la faible représentation des femelles dans les casiers, les analyses subséquentes n'ont porté que sur les mâles.

La capturabilité a été évaluée pour différentes classes de maturité et de taille de mâles. L'approche retenue a été de calculer la capturabilité à partir de la PUE moyenne en crabes d'une catégorie donnée pour tous les casiers d'une même ligne et la densité moyenne des crabes de cette même catégorie sur les fonds immédiatement adjacents à la ligne. Donc, il y avait quatre estimés de capturabilité pour chaque catégorie de crabes mâles.

Tous les traitements de données ont été effectués à l'aide du logiciel STATGRAPHICS Plus Version 2.0. La normalité des données a été évaluée à l'aide du test de Kolmogorov-Smirnov et l'homogénéité des variances a été vérifiée avec le test de Bartlett. Nous avons utilisé le test de *t* ou l'analyse de variance pour comparer les valeurs de PUE, de densité, de capturabilité, de largeur de carapace et le pourcentage d'individus adultes entre casiers, lignes ou engins de pêche. Les valeurs de pourcentage ont été soumises au préalable à une transformation arcsinus pour en assurer la normalité. Lorsque les données n'étaient pas distribuées normalement ou présentaient une hétérogénéité des variances, que ne pouvait corriger une quelconque transformation, nous avons utilisé le test non paramétrique de Kruskal-Wallis. Enfin, nous avons utilisé le test du χ^2 pour comparer des distributions de fréquences de taille entre engins de pêche. Les valeurs moyennes présentées dans le texte et les tableaux sont accompagnées de leur erreur type.

3.0 RÉSULTATS

3.1 INDÉPENDANCE DES CASIERS SUR UNE MÊME LIGNE

Le rendement moyen des casiers de l'expérience sur la capturabilité en fonction de leur position sur les lignes apparaît au Tableau 2. La position d'un casier sur la ligne n'a pas affecté de façon significative son rendement (ANOVA : $F_{4,28} = 2,50$, $p = 0,065$). Les rendements moyens les plus élevés ont été obtenus aux positions 2 et 3, vers le centre d'une ligne. Les rendements aux extrémités de la ligne étaient nettement plus faibles, contrairement à l'attente s'il y avait eu

interférence entre les casiers. Cette analyse suggère aussi que le rendement était indépendant du faible gradient de profondeur croissante observé de la côte vers le large, puisque aucun gradient de rendement n'est perceptible en fonction de la position du casier sur la ligne. Étant donné que la distance entre les casiers d'une même ligne était encore plus grande dans les expériences sur l'effet de l'occupation préalable, nous pouvons supposer que chaque casier représentait une unité d'échantillonnage indépendante.

Tableau 2. Rendement moyen (nombre d'individus ± erreur type) de mâles du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) capturés par casier japonais lors de l'expérience sur la capturabilité en fonction de la position du casier sur les lignes. Les casiers sont numérotés de 1 (côte) à 5 (large).

	Position du casier sur la ligne				
	1	2	3	4	5
Rendement moyen	23,9 ± 3,8	32,6 ± 4,2	31,7 ± 3,7	16,5 ± 5,0	23,7 ± 3,3
Nombre de casiers valables	8	5	7	6	7

3.2 CAPTURABILITÉ

Le Tableau 3 présente un sommaire de l'abondance et des caractéristiques de l'ensemble des mâles du crabe des neiges capturés par le chalut et les casiers lors de l'expérience sur la capturabilité. Les casiers ont capturé surtout des mâles adultes alors que cette catégorie ne représentait que 44,2% des mâles échantillonnés par le chalut, la balance étant des mâles immatures ou adolescents. De façon générale, aussi, les mâles capturés par les casiers avaient une carapace plus vieille et étaient plus grands que les mâles capturés par le chalut.

Tableau 3. Sommaire du rendement moyen (nombre d'individus ± erreur type) et des caractéristiques moyennes (± erreur type) de tous les mâles du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) capturés lors de l'expérience sur la capturabilité en fonction de l'engin de pêche. N, nombre de casiers ou de traits de chalut valables ; EC, état de carapace ; LC, largeur de carapace en mm.

Engin de pêche	N	Rendement	% d'adultes	EC	LC
Chalut à perche	10	$2,8 \pm 0,8 \cdot 1000\ m^{-2}$	44,2 ± 0,1	1,9 ± 0,1	96,1 ± 1,9
Casier japonais	33	$25,3 \pm 0,7 \cdot casier^{-1}$	93,4 ± 0,1	3,0 ± 0,0	112,4 ± 0,5

Nous avons procédé à un examen plus détaillé de la représentation des mâles par état de carapace en fonction de l'engin de pêche (Figure 1). Dans l'ensemble, on note une légère prédominance d'individus à carapace nouvelle dans le chalut (66,1 %) et une nette dominance d'individus à carapace intermédiaire dans les casiers (88,1 %). De plus, les crabes à carapace nouvelle étaient majoritairement propres et mous dans le chalut (64,8 % de tous les crabes à nouvelle carapace avaient un EC = 1) alors qu'ils étaient plutôt propres et durs dans les casiers (EC2 à 76,0 %). Les mâles à vieille carapace étaient très peu représentés (< 5 %) dans les deux types d'engins de pêche. La représentation de l'ensemble des mâles selon leur état de carapace diffère significativement entre le chalut et les casiers (Figure 1 ; $\chi^2 = 208{,}42$, dl = 2, $p < 0{,}001$). Cependant, cette image générale cache une nette divergence de la représentation des états de carapace entre mâles préadultes (immatures et adolescents) et mâles adultes dans les deux engins de pêche (Figure 1). Ainsi, parmi les mâles préadultes, 81,2 % avaient une carapace nouvelle et 18,7 % avaient une carapace intermédiaire dans le chalut contre 34,5 % et 61,8 % respectivement dans les casiers. Dans le cas des mâles adultes, 50,0 % avaient une carapace nouvelle et 47,4 % avaient une carapace intermédiaire dans le chalut contre 3,2 % et 90,1 % respectivement dans les casiers. Donc, les mâles à carapace intermédiaire étaient sur-représentés dans les casiers par rapport à leur disponibilité sur le fond, tant pour les mâles préadultes que pour les mâles adultes.

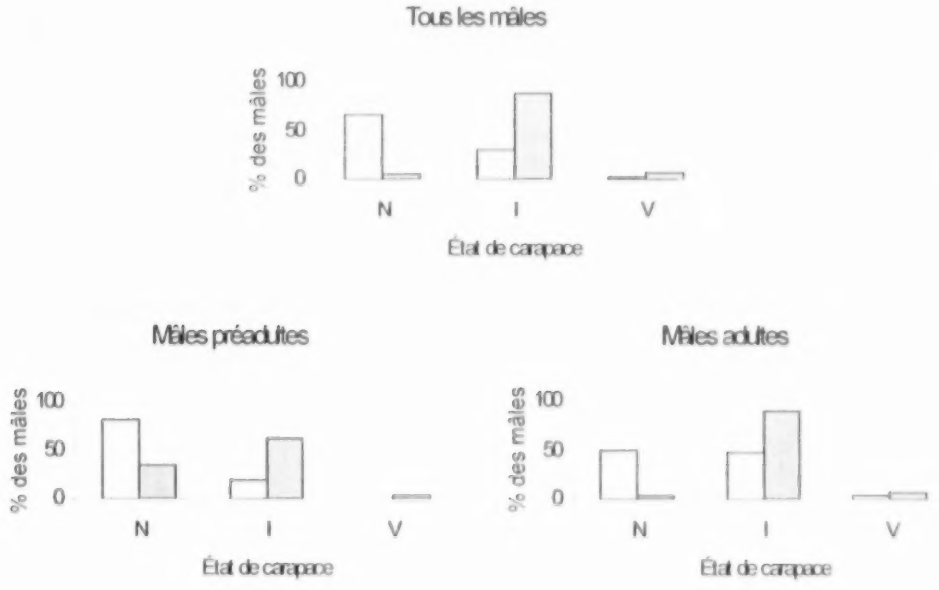

Figure 1. Répartition de l'ensemble des mâles, des mâles préadultes et des mâles adultes du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) capturés par le chalut à perche (barres blanches) et les casiers japonais (barres grises) lors de l'expérience sur la capturabilité en fonction de leur état de carapace (N = nouveau ; I = intermédiaire ; V = vieux). Le nombre total de mâles capturés est de 96 préadultes et 76 adultes pour le chalut à perche et de 55 préadultes et 780 adultes pour les casiers japonais.

En ce qui a trait à la taille des mâles, il existe aussi dans l'ensemble une forte et significative différence entre la LC des mâles capturés par le chalut et les casiers (Tableau 3 ; Kruskal-Wallis, $H = 60,26$, $dl = 1$, $p < 0,001$), ceux-ci étant nettement plus petits dans le chalut (96,1 mm) que dans les casiers (112,4 mm). Les distributions des fréquences de taille des mâles (Figure 2) différaient entre le chalut et les casiers de façon très marquée dans le cas des préadultes ($\chi^2 = 34,51$, $dl = 8$, $p < 0,001$), mais dans une moindre mesure dans le cas des adultes ($\chi^2 = 17,35$, $dl = 7$, $p = 0,015$). La LC moyenne des mâles préadultes capturés par le chalut était très inférieure à celle des mâles préadultes capturés par les casiers (Kruskal-Wallis, $H = 20,05$, $dl = 1$, $p < 0,001$) (Figure 2). En revanche, la LC moyenne des mâles adultes capturés par le chalut était légèrement supérieure à celle des mâles adultes capturés par les casiers (Kruskal-Wallis, $H = 6,69$, $dl = 1$, $p = 0,010$) (Figure 2). Si l'on restreint la comparaison aux mâles adultes à carapace intermédiaire seulement, alors la LC moyenne est semblable (Kruskal-Wallis, $H = 0,67$, $dl = 1$, $p = 0,414$) pour les individus capturés par le chalut ($115,4 \pm 2,2$ mm) et les casiers ($114,3 \pm 0,4$ mm).

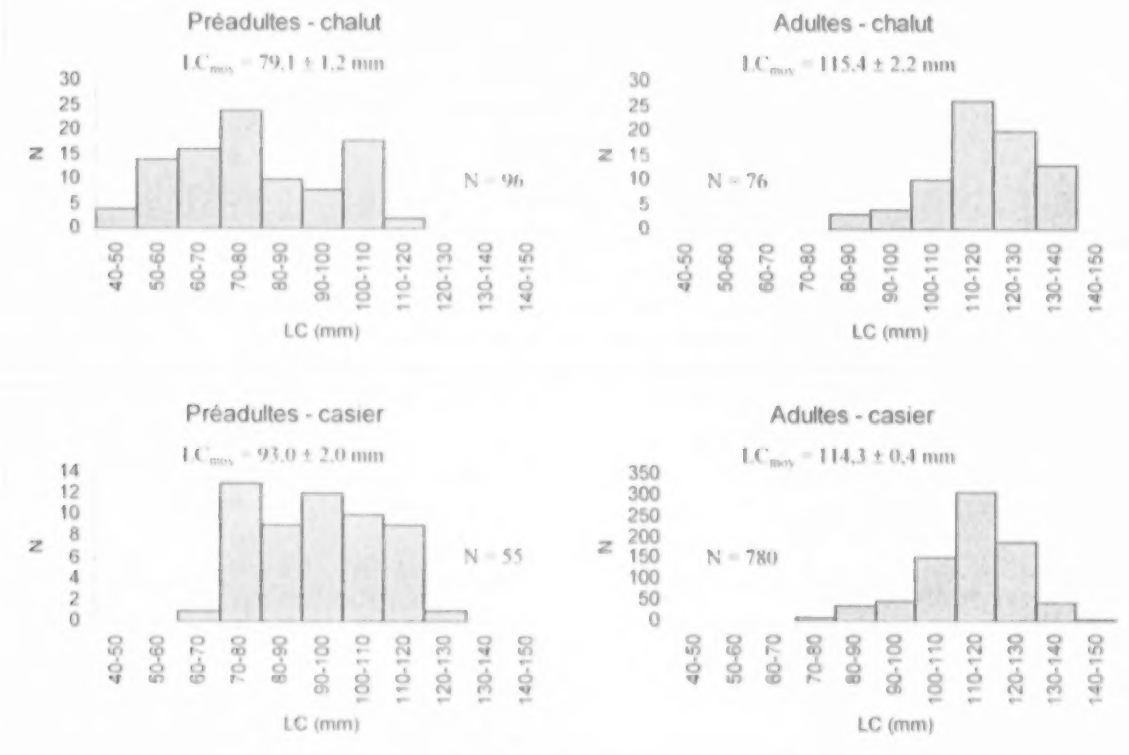

Figure 2. Distribution des fréquences de largeur de carapace (LC) des mâles préadultes et adultes du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) capturés par le chalut à perche et les casiers japonais lors de l'expérience sur la capturabilité.

Une hétérogénéité spatiale du rendement des casiers et de la densité du crabe des neiges sur le fond a été constatée lors de l'expérience sur la capturabilité (Tableau 4). L'ANOVA montre un effet significatif de la localisation de la ligne de casiers sur le rendement en mâles adultes ($F_{3,29} = 4,82$, $p = 0,008$), mais non sur le rendement en mâles préadultes ($F_{3,29} = 0,21$, $p = 0,886$). Les casiers des deux lignes du centre affichaient un rendement moyen de crabes adultes supérieur à celui des casiers des deux lignes périphériques. Au contraire, la densité sur le fond était hétérogène pour les mâles préadultes ($F_{2,7} = 18,52$, $p = 0,002$), ceux-ci étant environ 10 à 35 fois plus nombreux au centre de la zone expérimentale qu'à sa périphérie ouest ou est, alors que la densité des mâles adultes paraissait plus homogène ($F_{2,7} = 2,39$, $p = 0,160$).

Tableau 4. Moyenne (± erreur type) du rendement des casiers japonais et de la densité sur le fond des mâles préadultes et adultes du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) lors de l'expérience sur la capturabilité en fonction de la localisation des lignes de casiers et de traits de chalut. N, nombre d'échantillons valables.

Localisation des lignes de casiers et des traits de chalut	Rendement mâles · casier $^{-1}$			Densité au fond mâles · 1000 m^{-2}		
	Préadultes	Adultes	N	Préadultes	Adultes	N
Est	1,8 ± 0,6	20,1 ± 3,0	9	0,4 ± 0,4	0,6 ± 0,1	3
Centre-est	1,3 ± 1,0	27,6 ± 1,0	7	–	–	–
Centre	–	–	–	3,5 ± 0,6	2,0 ± 0,6	4
Centre-ouest	1,3 ± 0,4	31,8 ± 3,3	8	–	–	–
Ouest	2,1 ± 1,3	17,0 ± 3,7	9	0,1 ± 0,1	1,0 ± 0,3	3

Selon l'emplacement des lignes, les mâles adultes étaient 8 à 24 fois plus nombreux que les mâles préadultes dans les casiers (Tableau 4). La densité des mâles préadultes sur le fond, telle qu'estimée à partir des données du chalut, dépassait celle des mâles adultes au centre de la zone expérimentale, lui était égale à l'est et lui était inférieure par un facteur de 10 à l'ouest (Tableau 4).

Nous avons calculé la capturabilité du crabe des neiges par les casiers japonais en fonction de divers critères de maturité et de taille (Tableau 5). Quatre estimés de capturabilité ont été calculés pour chaque catégorie de mâles, basé sur le rendement moyen par ligne de casiers et la densité moyenne de crabes dans les traits de chalut immédiatement adjacents : (i) la ligne est relativement à la densité à l'est, (ii) la ligne centre-est relativement à la densité au centre, (iii) la ligne centre-ouest relativement à la densité au centre et (iv) la ligne ouest relativement à la densité à l'ouest (voir le Tableau 4). La capturabilité moyenne des mâles de plus de 90 mm de

LC, sans égard à leur maturité et état de carapace, s'est élevée à 17 786 m^2. Si l'on considère seulement les mâles adultes ≥ 95 mm de LC, soit la composante exploitable de la population, on constate une capturabilité moyenne encore plus grande (28 278 m^2). Cependant, cette valeur masque de très grands écarts de capturabilité des mâles adultes en fonction de leur âge relatif (EC). Les mâles adultes récemment mués (à carapace nouvelle) étaient en moyenne 975 fois moins capturables que les mâles mués depuis environ 2–4 ans (carapace intermédiaire) qui, à leur tour, étaient environ 11 fois plus capturables que les mâles mués depuis environ 4–6 ans (vieille carapace). Enfin, les mâles adolescents, qu'ils soient dans la catégorie des prérecrues immédiates (78 ≤ LC < 95 mm) ou qu'ils soient recrutés à la taille légale (LC ≥ 95 mm), avaient une capturabilité environ 30 fois moindre que celle des mâles adultes de taille légale avec une carapace intermédiaire.

Tableau 5. Estimés de la capturabilité moyenne (± erreur type) des mâles du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) par le casier japonais en fonction de différents critères de maturité et de taille. LC, largeur de carapace en mm ; EC, état de carapace ; N, nouvelle carapace ; I, carapace intermédiaire ; V, vieille carapace.

Catégorie de mâles	Capturabilité en m^2
Adolescents et adultes, LC > 85 mm	17 127 ± 2 380
Adolescents et adultes, LC > 90 mm	17 786 ± 2 535
Adolescents, 78 ≤ LC < 95 mm	1 864 ± 1 087
Adolescents, LC ≥ 95 mm	2 157 ± 1 089
Adultes, LC ≥ 95 mm	28 278 ± 10 572
Adultes, LC ≥ 95 mm, EC = N	65 ± 65
Adultes, LC ≥ 95 mm, EC = I	63 310 ± 28 938
Adultes, LC ≥ 95 mm, EC = V	5 482 ± 3 022

Nous avons également étudié la variabilité de la capturabilité des mâles adultes à carapace intermédiaire en fonction de leur taille. Pour ce faire, nous avons calculé la capturabilité par classes de tailles de 10 mm sur la gamme de 57,5 à 147,5 mm de LC, à partir des valeurs moyennes de rendement et de densité par classe de taille calculées pour l'ensemble des casiers et des traits de chalut. Le résultat de cette analyse est montré à la Figure 3. On constate que la relation entre la capturabilité et la LC s'apparente à une fonction en dôme, avec des valeurs très faibles aux extrêmes de la gamme de taille des mâles adultes et une valeur maximale autour de 107 mm de LC. Une régression polynomiale ajustée aux données (Figure 3) montre que la LC

explique 88,5 % de la variabilité de la capturabilité moyenne des mâles adultes à carapace intermédiaire.

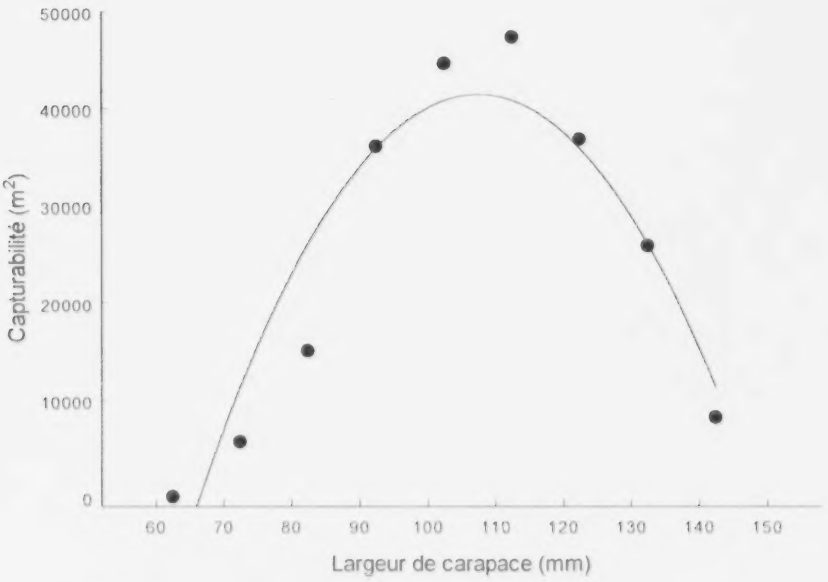

Figure 3. Variation de la capturabilité (q) moyenne des mâles adultes à carapace intermédiaire du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) par le casier japonais en fonction de leur largeur de carapace (LC, en mm). La ligne courbe ajustée aux points est une régression polynomiale : $q = -243014{,}0 + 5291{,}3 \cdot LC - 24{,}6 \cdot LC^2$ ($r^2 = 0{,}885$, $F = 23{,}10$, $N = 8$, $p = 0{,}001$).

3.3 INFLUENCE DE L'OCCUPATION PRÉALABLE

La distribution des fréquences de taille du crabe des neiges capturés lors des expériences sur l'effet de l'occupation préalable sur le rendement des casiers japonais, pour les casiers amorcés et les témoins confondus, est présentée à la Figure 4. Signalons la présence de deux modes, représentant les stades d'intermue XII et XIII (voir Sainte-Marie et al., 1995).

Le Tableau 6 résume les résultats des deux expériences effectuées pour vérifier l'effet de l'occupation préalable sur le rendement du casier japonais. En dépit de précautions importantes prises lors des manipulations des crabes occupants, ceux-ci ont souffert d'un certain niveau de mortalité. En particulier, les crabes mous ont accusé un taux moyen de mortalité bien supérieur (53,5 %) aux crabes durs (7,7 %), la différence entre les deux types d'occupants étant hautement significative (transformation arc-sinus, ANOVA : $F_{1,24} = 28{,}99$, $p < 0{,}001$). Bien que le taux

moyen de mortalité des crabes occupants ait été plus élevé avec des adolescents durs (12,2 %) qu'avec des adultes durs (2,5 %), la différence n'était pas significative (transformation arc-sinus, ANOVA : $F_{1,29} = 2,82$, $p = 0,104$). Étant donné l'aversion possible des crabes pour des congénères morts, entraînant une diminution du rendement du casier, nous avons vérifié par régression linéaire s'il y avait une relation entre le rendement d'un casier avec crabes occupants et le nombre de crabes occupants qui y étaient morts. La relation entre les deux variables était négative et significative ($F = 19,51$, $N = 57$, $p < 0,001$).

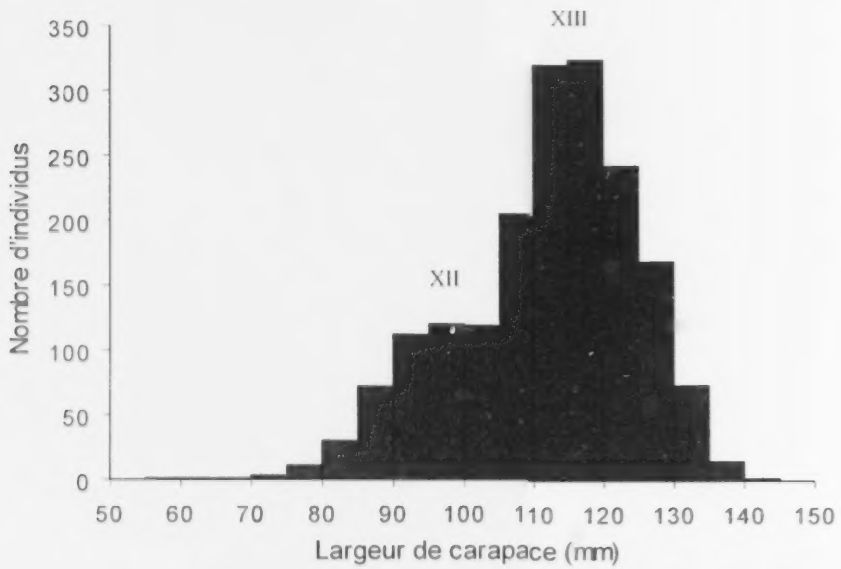

Figure 4. Distribution des fréquences de largeur de carapace de tous les mâles du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) capturés (1 828 individus) au cours des deux expériences sur l'effet de l'occupation préalable sur le rendement du casier japonais. Les chiffres romains correspondent à des modes représentant des stades d'intermue.

De façon générale, le rendement moyen des casiers témoins (appât seulement) était meilleur que celui des casiers avec occupation préalable (Tableau 6). Lors de la première expérience, nous avons décelé une différence significative du rendement entre les casiers occupés par des crabes durs, des crabes mous et les témoins (ANOVA : $F_{2,38} = 12,85$, $p = 0,001$). Les casiers avec des crabes occupants qui étaient mous avaient un rendement nettement inférieur à celui des casiers avec des crabes occupants durs ou des casiers témoins, les différences étant significatives (test de Bonferonni au seuil de 5 %).

Dans la deuxième expérience (Tableau 6), le rendement moyen des casiers avec occupation préalable était significativement moins élevé que celui des casiers témoins (ANOVA : $F_{2,42} = 4,70$, $p = 0,014$). Le test de Bonferroni au seuil de 5 % montre que le rendement moyen différait significativement entre les casiers avec crabes occupants adultes et les casiers témoins,

mais pas entre les casiers avec crabes occupants adultes et crabes occupants adolescents, ni entre les casiers avec crabes occupants adolescents et les casiers témoins.

Tableau 6. Sommaire du rendement moyen et des caractéristiques moyennes (± erreur type) des mâles du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) capturés par les casiers japonais lors des expériences sur l'effet de l'occupation préalable, ainsi que du pourcentage de mortalité des occupants préalables. N, nombre de casiers valables ; EC, état de carapace LC ; largeur de carapace en mm.

Expérience Occupant	N	Rendement mâles · casier $^{-1}$	% d'adultes	EC	LC	% occupants morts
Expérience 1						
Adulte mou	13	10,9 ± 2,5	96,3 ± 0,0	3,1 ± 0,0	111,1 ± 1,3	53,5 ± 0,1
Adulte dur	13	21,6 ± 1,8	97,0 ± 0,0	3,1 ± 0,0	114,0 ± 0,7	7,7 ± 0,1
Témoin	15	26,9 ± 3,1	95,4 ± 0,0	3,1 ± 0,0	113,0 ± 0,6	–
Expérience 2						
Adolescent dur	15	19,2 ± 1,9	95,5 ± 0,0	3,0 ± 0,0	112,6 ± 0,7	12,2 ± 0,1
Adulte dur	16	17,9 ± 1,9	93,9 ± 0,0	3,0 ± 0,0	110,4 ± 0,8	2,5 ± 0,0
Témoin	14	26,0 ± 2,0	94,9 ± 0,0	3,0 ± 0,0	110,3 ± 0,6	–

Bien que l'occupation préalable et la mortalité aient eu un effet perceptible sur le rendement des casiers, ils n'ont en rien modifié la composition des captures (Tableau 6). La proportion moyenne d'adultes dans les prises est demeurée invariable (transformation arc-sinus, ANOVA : première expérience, $F_{2,38} = 0,40$, $p = 0,672$; deuxième expérience, $F_{2,42} = 0,77$, $p = 0,471$). De même, il n'y a pas de différence de LC moyenne entre les traitements et les témoins (Kruskal-Wallis : première expérience, $H = 4,02$, $dl = 2$, $p = 0,134$; deuxième expérience, $H = 2,62$, $dl = 2$, $p = 0,270$).

4.0 DISCUSSION

4.1 VARIABILITÉ DE LA CAPTURABILITÉ

La capturabilité est une mesure de la vulnérabilité d'une espèce, ou d'une de ses composantes démographiques, à un engin de pêche — le casier japonais dans le cas présent. La capturabilité

d'une espèce vis-à-vis un casier d'un type donné n'est pas une mesure immuable, car elle dépend (i) de la quantité et de la qualité de l'appât et des sources de nourriture alternatives, (ii) des conditions physico-chimiques de l'environnement, (iii) de la présence d'espèces compétitrices ou prédatrices au voisinage du casier ou déjà captives à l'intérieur, et (iv) des caractéristiques des individus de la population cible. Les appâts utilisés étaient de première fraîcheur tout au long des expériences qui se sont déroulées sur une période de temps courte et uniforme du point de vue météorologique. Nous ne nous pencherons donc pas sur les facteurs de l'appât ou du milieu abiotique, apparemment assez constants. Nous discuterons plutôt de la variabilité de la capturabilité en fonction des caractéristiques des différentes composantes démographiques de la population des mâles du crabe des neiges. Ainsi, nous tenterons de dégager de nos résultats des conclusions qui soient pertinentes à l'interprétation des séries temporelles de PUE de la pêche commerciale et des relevés de recherche pratiqués à l'aide de casiers appâtés.

Le niveau de capturabilité d'une espèce par un casier appâté résulte de ses aptitudes particulières et d'un enchaînement de comportements facultatifs. La sensibilité olfactive, la stratégie de quête de nourriture adoptée, la disposition comportementale et la mobilité nécessaire à remonter un panache d'odeur jusqu'à sa source, la capacité physique à entrer dans le casier appâté et la facilité d'y échapper une fois repus sont tous des facteurs qui affectent la capturabilité (par ex. : Brêthes et al., 1985; Miller, 1990 ; Addison et Bannister, 1998). Ces aptitudes et ces comportements peuvent varier en fonction de l'ontogénie, du niveau d'appétit et des cycles de mue et de reproduction, et aussi selon le contexte intraspécifique. Par exemple, chez les amphipodes lysianassoïdés — le groupe de nécrophages par excellence — il est bien établi que les juvéniles sont moins capturables que les adultes, que les individus rassasiés ne sont pas attirés par un appât et que les femelles matures sont réfractaires à l'appât quand elles sont œuvées, mais pas en d'autres circonstances (Sainte-Marie, 1986a, 1986b).

Nos résultats indiquent que le niveau de maturité et l'âge relatif (temps écoulé depuis la dernière mue) ont une grande influence sur la capturabilité des mâles. Les mâles adolescents se sont avérés bien moins capturables que les mâles adultes et parmi ces derniers, les individus à carapace intermédiaire étaient bien plus capturables que les individus récemment mués ou à vieille carapace. Nous avons combiné les états de carapace (EC) 1 et 2 pour déterminer la capturabilité des individus récemment mués car l'une ou l'autre catégorie était trop peu représentée dans les casiers pour une analyse singulière. Cependant, il est vraisemblable que les mâles à EC1 soient moins capturables que les mâles à EC2 compte tenu du fait que le premier groupe était, toutes proportions gardées, moins abondant dans les casiers que dans le chalut, l'inverse étant vrai du deuxième groupe. De même, nous n'avons capturé aucun mâle à EC5 mais étant donné leur niveau de sénescence plus avancé on peut supposer qu'ils sont moins capturables que les mâles à EC4. Ces différences observées ou supposées de capturabilité pourraient refléter une agressivité moindre des adolescents relativement aux adultes, le manque d'appétit ou la moins bonne condition physiologique des adultes récemment mués et une vitalité réduite des adultes sénescents. Il est établi que les mâles adultes du crabe des neiges ont une diète naturelle différente de celle des mâles adolescents, remarquable en particulier par la plus forte inclinaison des premiers au cannibalisme et à la prédation sur d'autres espèces de crabes (Lovrich et Sainte-Marie, 1997). Il y a aussi une étroite convergence entre l'ampleur de la

capturabilité des différentes catégories de mâles et l'ampleur de leur participation à la reproduction (voir Sainte-Marie et al., 1999), une activité qui demande aussi un grand niveau de mobilité et d'agressivité. La très faible capturabilité des individus récemment mués est un fait admis chez beaucoup d'autres espèces de crustacés décapodes (voir la synthèse de Miller, 1990), bien qu'elle n'ait été que rarement quantifiée. Par contre, l'effet négatif de la sénescence sur la capturabilité des mâles adultes, qui découle de la mue terminale, est ici démontré pour la première fois.

Dans cette perspective, il est intéressant de noter que l'occupation préalable a modifié le rendement des casiers japonais. De façon générale, le rendement des casiers était moindre avec une occupation préalable par des mâles adultes qu'en son absence (témoin) et la diminution était significative dans la deuxième expérience. D'autres auteurs ont également observé une baisse du rendement d'un casier avec crabes occupants comparé à un casier sans crabes occupants. Miller (1978a) attribue cet effet à une intimidation des crabes en approche du casier par ceux captifs à l'intérieur. Nous avons également noté une diminution du rendement du casier japonais quand il était occupé par un ou plusieurs mâles récemment mués. Dans ce cas, cependant, la diminution du rendement est directement proportionnelle au nombre de crabes occupants qui sont morts en cours d'expérience. La diminution du rendement peut donc être imputée à l'aversion des crabe des neiges vivants pour leurs congénères morts, comme chez d'autres espèces (Hancock, 1974 ; Miller, 1990). Cette aversion peut avoir une valeur adaptative si elle permet aux individus vivants d'éviter des conditions susceptibles d'entraîner des risques de blessure ou la mort. Notre étude confirme la grande fragilité des crabes récemment mués et l'importance de les traiter délicatement et de les retourner le plus rapidement possible à l'eau (voir Miller, 1977; Dufour et al., 1997). Elle suggère également que le cannibalisme documenté chez le crabe des neiges en nature (Lovrich et Sainte-Marie, 1997) résulte surtout ou exclusivement de la prédation, pas de la nécrophagie.

Notre étude montre également une très grande variation de la capturabilité des mâles adultes en fonction de leur taille. La capturabilité décroissante des mâles adultes vers les petites tailles, à partir du maximum de capturabilité enregistré à 107 mm de LC, reflète probablement l'effet conjugué d'une capacité olfactive et d'une mobilité moindres, d'une difficulté croissante à escalader les parois du casier pour y pénétrer, ainsi que d'une facilité croissante à se faufiler au travers les mailles du casier. Plusieurs études ont montré que les casiers japonais (environ 1,2 m à la base, pour 0,6 m de hauteur) et coniques ou pyramidaux (environ 1,7–1,8 m à la base, pour 0,5–0,7 m de hauteur) sélectionnaient des crabes plus grands que les casiers rectangulaires dont la pente d'accès est moins inclinée et la facilité d'accès plus grande (Lafleur et al., 1983 ; Dufour, 1984 ; Moriyasu et al., 1990). De plus, les tailles minimale et moyenne des crabes retenus dans un casier japonais sont directement proportionnelles à la dimension de la maille (par ex. : Tanino et Kato, 1971 ; Jeong et al., 2000). Dans notre expérience, par contre, la réduction progressive de la capturabilité des mâles adultes plus grands que 107 mm de LC témoigne probablement de leur capacité croissante à s'échapper du casier par l'entrée apicale une fois repus. Miller (1990) résume les relations entre la capturabilité et la taille des individus en disant qu'elles s'apparentent à une relation asymptotique chez certaines espèces ou à une fonction en cloche chez d'autres.

Il n'y a que deux autres études qui aient tenté d'évaluer la capturabilité du crabe des neiges par des casiers appâtés. Dans l'étude de Miller (1975), la capturabilité des mâles de plus de 90 mm de LC a été évaluée en comparant le rendement du casier japonais à la densité mesurée lors de relevés photographiques et a varié en moyenne entre 2 472 et 5 293 m^2 selon la localité (moyenne générale : 4 194 m^2). Dans l'étude de Brêthes et al. (1985), la capturabilité des mâles de plus de 85 mm de LC a été estimée indirectement à partir d'une expérience de capture-recapture et a variée de 8 800 à 15 200 m^2 pour un casier de type pyramidal (voir la critique de Miller, 1985 suivie de la réponse de Brêthes, 1985). Cependant, aucune de ces deux études n'a tenu compte de la maturité ou de l'âge relatif des mâles lors de l'évaluation de la capturabilité et il se peut aussi que les tailles moyenne et maximale aient varié considérablement entre les différentes études. De ce fait, les comparaisons entre études sont difficiles. Nos estimés pour l'ensemble des mâles à LC > 90 ou > 85 mm (Tableau 5) sont respectivement 4,2 fois supérieurs à la moyenne générale de Miller (1975) et 1,4 fois supérieurs à la valeur mitoyenne (i.e., 12 150 m^2) de Brêthes et al. (1985).

4.2 LIMITE DE L'ÉTUDE

Un biais possible de notre étude, entraînant une sous-évaluation de la densité et donc une surévaluation de la capturabilité, est lié au coefficient de capturabilité du crabe des neiges par le chalut à perche, qui est inconnu. Miller (1975) a aussi utilisé un chalut à perche pour évaluer la densité du crabe des neiges et a conclu que le chalut sous-évaluait la densité par un facteur de 3,6 à 5,6 fois par rapport aux estimés photographiques, jugés représentatifs. Il a aussi remarqué, comme Powles (1968) avant lui, que les grands crabes semblaient échapper au chalut. Cependant, notre technique de pêche au chalut était différente de celle de Miller (1975) car notre chalut avait des chaînes débusqueuses capables de déloger les crabes enfouis et il était remorqué presque deux fois plus rapidement et sans arrêt après déroulement initial du câble. Nous n'avons constaté aucune différence de taille moyenne des mâles adultes à carapace intermédiaire entre le chalut et les casiers, ce qui peut suggérer que notre chalut et notre mode de pêche étaient plus efficaces que ceux de Miller.

4.3 APPLICATIONS PRATIQUES

Le côté pratique de notre étude pour les évaluations de stock de crabe des neiges basées sur les PUE de casiers commerciaux ou de recherche est assez évident. D'une part, quel que soit le type de casier utilisé, il est certain que la capturabilité des mâles adolescents, des mâles adultes récemment mués et des mâles adultes sénescents sera bien moindre que celle des mâles adultes à carapace intermédiaire. En conséquence, les casiers présenteront une image biaisée de la structure démographique de la population. Les populations de crabe des neiges du golfe du Saint-Laurent étant apparemment sujettes à une alternance d'épisodes de recrutement intense et de recrutement très faible (par ex. : Hare et Dunn, 1993 ; Conan et al., 1996 ; Sainte-Marie et al., 1996), il est certain que la perception temporelle du maximum d'abondance et du déclin

subséquent de la fraction commerciale de la population sera plus tardive d'environ un à deux ans dans les relevés aux casiers et dans la pêche commerciale par rapport à la réalité et à la perception dégagée des relevés au chalut. En effet, l'augmentation très marquée de la capturabilité des mâles adultes entre le moment de la mue et l'atteinte de l'état de carapace intermédiaire — soit environ deux ans — compensera largement leur déclin numérique dans la phase initiale de décroissance d'une population. À l'inverse, la perception de l'augmentation de la biomasse commerciale dans les relevés aux casiers devrait accuser un certain retard par rapport à la réalité et aux relevés au chalut. Il est aussi évident que les relevés aux casiers sous-évalueront l'importance du recrutement à venir, les adolescents étant beaucoup moins capturables que les adultes. Enfin, en cas de grande abondance du crabe des neiges, il est possible que les casiers deviennent saturés (Miller, 1978b, 1990) de sorte que la prise par unité d'effort ne reflétera pas adéquatement la disponibilité de crabes.

Les casiers appâtés vont aussi entraîner une perception biaisée de la structure de taille de la population de mâles adultes, mais dans ce cas l'effet sera probablement intimement lié au type de casier. Les petits mâles adultes seront toujours sous-représentés par rapport aux plus grands mâles adultes. Cependant, il est vraisemblable que les casiers coniques — dont la popularité s'est grandement accrue depuis que notre étude a été réalisée — retiennent une fraction plus importante (sinon la totalité) des très grands mâles que les casiers japonais en raison de leur plus grand volume et de leur plus grande hauteur qui réduisent les possibilités d'échappement. Il serait donc important de refaire des expériences de capturabilité avec les casiers coniques couramment utilisés dans les relevés post-saison afin de bien quantifier leur sélectivité.

Le décalage entre la structure démographique réelle d'une population de crabe des neiges et la perception que l'on en a à partir d'un relevé au casier pourrait être comblé par l'entremise de facteurs de correction appliqués aux prises par casier pour les différentes catégories de mâles. Bien que les résultats de la présente étude permettent de calculer de tels facteurs de correction, compte tenu que les interactions entre diverses catégories de mâles pourraient influencer leur capturabilité, il faut s'assurer que ces facteurs sont appropriés (robustes) dans un grand éventail de contextes démographiques. Par exemple, la capturabilité des mâles adolescents et des mâles adultes à carapace intermédiaire est-elle la même quand les premiers sont en surnombre par rapport au deuxièmes, qu'en cas contraire? Une option possible pour vérifier cette hypothèse serait de réaliser une expérience visant à évaluer la capturabilité des mâles à plusieurs sites à caractéristiques abiotiques homogènes mais à structures démographiques différentes.

5.0 CONCLUSION

Les relations entre la capturabilité du crabe des neiges par le casier japonais et sa disponibilité (abondance) sur le fond sont complexes et dépendent de la maturité, de l'âge relatif (temps écoulé depuis la mue) et de la taille des individus. Bien que l'ampleur du coefficient de capturabilité soit certainement fonction du type de casier, certaines des réponses observées dans la présente étude sont probablement invariables. Les mâles adolescents seront toujours moins capturables que les mâles adultes, et les mâles récemment mués ou sénescents seront toujours

moins capturables que les mâles à carapace intermédiaire. Par contre, la relation entre la capturabilité et la taille des mâles adultes à carapace intermédiaire est probablement intimement liée au type et au maillage du casier utilisé.

Notre étude montre que la capturabilité peut être modélisée en fonction des différents critères de maturité et d'âge relatif du crabe des neiges. Une telle approche permettrait de corriger les indices d'abondance provenant de la pêche commerciale et des relevés de recherche aux casiers afin de mieux quantifier l'abondance et l'état démographique des stocks de crabe des neiges d'une année à l'autre. Cela représente une étape essentielle à la modélisation et à l'analyse formelle des populations à partir des données de pêche au casier (voir Zheng et al., 1996). Il serait donc important de recommencer notre étude avec le ou les types de casiers utilisés pour les relevés post-saison. Enfin, il ressort indirectement de notre étude ainsi que d'études précédentes sur la sélectivité de divers types de casiers que nous aurions tout intérêt à encourager une uniformité et une stabilité du type et du maillage du casier utilisé pour les relevés de recherche post-saison. On peut également se demander si la qualité du suivi de l'état des populations de crabe des neiges à partir des données de la pêche commerciale ne serait pas grandement améliorée par l'imposition de limites au type et au maillage de casiers autorisés pour la pêche commerciale.

6.0 REMERCIEMENTS

Nous remercions Sylvie Bouchard et François Hazel pour leur aide logistique, sur le terrain et lors de la saisie de données. Le capitaine Jean-Paul Boudreau et l'équipage du Calanus II ont contribué au succès des opérations en mer. Les commentaires de Anne-Marie Clément, Luc Bourassa, Laure Devine, Réjean Dufour, Louise Gendron et Sylvain Hurtubise ont amélioré le rapport. Merci à Diane Bélanger pour la mise en page.

7.0 RÉFÉRENCES

Addison, J.T. et R.C.A. Bannister. 1998. Quantifying potential impacts of behavioral factors on crustacean stock monitoring and assessment : modeling and experimental approaches. *In* G.S. Jamieson et A. Campbell (éds.), Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125, p. 167-177.

Bailey, R.F.J. 1978. Status of snow crab (*Chionoecetes opilio*) stocks in the Gulf of St. Lawrence. Can. Atl. Fish. Sci. Adv. Comm. Res. Doc. 1978/27, 39 p.

Bailey, R.F.J. et R.W. Elner. 1989. Northwest Atlantic snow crab fisheries : lessons in research and management. *In* J.F. Caddy (éd.), Marine invertebrate fisheries : their assessment and management. John Wiley & Sons, New York, p. 261-280.

Brêthes, J.-C. 1985. Response to comments of R.J. Miller. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 6 : 174-175.

Brêthes J.-C., R. Bouchard et G. Desrosiers. 1985. Determination of the area prospected by a baited trap from a tagging and recapture experiment with snow crabs (*Chionoecetes opilio*). J. Northw. Atl. Fish. Sci. 6 : 37-42.

Comeau, M. et G.Y. Conan. 1992. Morphometry and gonad maturity of male snow crab, *Chionoecetes opilio*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49 : 2460-2468.

Conan, G.Y. et M. Comeau. 1986. Functional maturity and terminal molt of male snow crab, *Chionoecetes opilio*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 1710-1719.

Conan, G.Y., M. Starr, M. Comeau, J.-C. Therriault, F.X. Maynou i Hernàndez et G. Robichaud. 1996. Life history strategies, recruitment fluctuations, and management of the Bonne Bay Fjord Atlantic snow crab (*Chionoecetes opilio*). *In* High latitude crabs: biology, management, and economics. Proceedings of the International Symposium on Biology, Management, and Economics of Crabs from High Latitude Habitats. Lowell Wakefield Fish. Symp. Ser., Alaska Sea Grant Coll. Prog. Rep. 96-02, p. 59-67.

Cyr, C. et B. Sainte-Marie. 1995. Catch of Japanese crab traps in relation to bait quantity and shielding. Fish. Res. 24 : 129-139.

Dufour, R. 1984. Rendements comparatifs et sélectivité de trois types de casiers à crabes des neiges. Comm. sci. consult. pêches can. Atl. 84/1, 25 p.

Dufour, R., D. Bernier et J.-C. Brêthes. 1997. Optimisation de la récolte de chair et mortalité durant les opérations de pêche au crabe des neiges (*Chionoecetes opilio* O. Fabricius) dans l'Est canadien. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2152, 31 p.

Dufour, R. et J.-P. Dallaire. 1999. Le crabe des neiges de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent : état des populations de 1995 à 1998. Secr. can. éval. stocks, Doc. rech. 99/19, 46 p.

Eggers, D.M., N.A. Richard, O.G. Chapman et R.R. Whitney. 1982. A methodology for estimating area fished by baited hooks and traps along a ground line. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39 : 448-453.

Gros, P. et L. Santarelli. 1986. Méthode d'estimation de la surface de pêche d'un casier à l'aide d'une filière expérimentale. Oceanol. Acta 9 : 81-87.

Hancock, D.A. 1974. Attraction and avoidance in marine invertebrates : their possible role in developing an artificial bait. ICES J. Cons. 35 : 328-331.

Hare, G.M. et D.L. Dunn. 1993. A retrospective analysis of the Gulf of St. Lawrence snow crab (*Chionoecetes opilio*) fishery 1965-1990. *In* L.S. Parsons et W.H. Lear (éds.), Perspectives on Canadian marine fisheries management, Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 226, p. 177-192.

Hoenig, J.M. et E.G. Dawe. 1991. Relative selectivity of four sampling methods using traps and trawls for male snow crabs (*Chionoecetes opilio*). Can. Atl. Fish. Sci. Adv. Comm., working paper 91-17, 17 p.

Jeong, E.-C., C.-D. Park, S.-W. Park, J.-H. Lee et T. Tokai. 2000. Size selectivity of trap for male red queen crab *Chionoecetes japonicus* with the extended SELECT model. Fish. Sci. 66 : 494-501.

Karnofsky, E.B. et H.J. Price. 1989. Behavioural response of the lobster *Homarus americanus* to traps. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46 : 1625-1632.

Lafleur, P.-É., M. Monette et M. Gaudet. 1983. Évaluation du rendement et de la sélectivité de trois types de casiers à crabes. Min. Agr. Pêch. Alim. Qué., Dir. rech. sci. tech., Cah. d'inform. 102, 32 p.

Lapointe, V et B. Sainte-Marie. 1992. Currents, predators, and the aggregation of the gastropod *Buccinum undatum* around bait. Mar. Ecol. Prog. Ser. 85 : 245-257.

Lovrich, G.A. et B. Sainte-Marie. 1997. Cannibalism in the snow crab, *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) (Brachyura: Majidae), and its potential importance to recruitment. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 211: 225-245.

Mackie, A.M. 1973. The chemical basis of food detection in the lobster *Homarus gammarus*. Mar. Biol. 21 : 103-108.

Mayrand, E., J.-D. Dutil et H. Guderley. 2000. Changes in muscle of postmoult snow crabs *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) fed different rations. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 243 : 95-113.

McLeese, D.W. 1970. Detection of dissolved substances by the American lobster (*Homarus americanus*) and olfactory attraction between lobsters. J. Fish. Res. Board Can. 27 : 1371-1378.

McQuinn, I.H., L. Gendron et J.H. Himmelman. 1988. Area of attraction and effective area fished by a whelk (*Buccinum undatum*) trap under variable conditions. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45 : 2054-2060.

Miller, R.J. 1975. Density of the commercial spider crab, *Chionoecetes opilio*, and calibration of effective area fished per trap using bottom photography. J. Fish. Res. Board Can. 32 : 761-768.

Miller, R.J. 1976. North American crab fisheries : regulations and their rationales. Fish. Bull. U.S. 74 : 623-633.

Miller, R.J. 1977. Resource underutilization in a spider crab industry. Fisheries 2 : 9-13.

Miller, R.J. 1978a. Entry of *Cancer productus* to baited traps. J. Cons. Int. Explor. Mer 38 : 220-225.

Miller, R.J. 1978b. Saturation of crab traps : reduced entry and escapement. J. Cons. Int. Explor. Mer 38 : 338-345.

Miller, R.J. 1985. Comments on paper by Brêthes et al. (1985). J. Northw. Atl. Fish. Sci. 6 : 173-174.

Miller, R.J. 1990. Effectiveness of crab and lobster traps. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47 : 1228-1251.

Moore, P.A., M.J. Weissburg, J.M. Parrish, R.K. Zimmer-Faust et G.A. Gerhardt. 1994. Spatial distribution of odors in simulated benthic boundary layer flows. J. Chem. Ecol. 20 : 255-279.

Morgan, G.R. 1974. Aspects of the population dynamics of the western rock lobster, *Panulirus cygnus* George. II. Seasonal changes in the catchability coefficient. Aust. J. Mar. Freshwat. Res. 25 : 249-259.

Moriyasu, M., Y.J. Chiasson et P. DeGrâce. 1990. Study on catchability and size structure of snow crab (*Chionoecetes opilio*) in relation to three different trap types. Can. Atl. Fish. Sci. Adv. Comm. 90/29, 16 p.

Morrissy, N.M. 1975. The influence of sampling intensity on the catchability of marron, *Cherax tenuimanus* (Smith) (Decapoda : Parastacidae). Aust. J. Mar. Freshwater Res. 26 : 47-73.

O'Halloran, M.J. et R.K. O'Dor. 1988. Molt cycle of male snow crabs, *Chionoecetes opilio*, from observations of external features, setal changes, and feeding behavior. J. Crustac. Biol. 8 : 164-176.

Okubo, A. 1980. Diffusion and ecological problems: mathematical models. Springer-Verlag, Berlin. 168 p.

Powles, N.W. 1968. Distribution and biology of the spider crab, *Chionoecetes opilio*, in the Magdalen Shallows, Gulf of St. Lawrence. Fish. Res. Board Can. MS Rep. 997, 106 p.

Sainte-Marie, B. 1986a. Feeding and swimming of lysianassid amphipods in a shallow cold-water bay. Mar. Biol. 91 : 219-229.

Sainte-Marie, B. 1986b. Effect of bait size and sampling time on the attraction of the lysianassid amphipods *Anonyx sarsi* Steele & Brunel and *Orchomenella pinguis* (Boeck). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 99 : 63-77.

Sainte-Marie, B. 1993. Reproductive cycle and fecundity of primiparous and multiparous female snow crab, *Chionoecetes opilio*, in the Northwest Gulf of Saint Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50 : 2147-2156.

Sainte-Marie, B., J.-C. Brêthes et S. Raymond. 1995. Growth and maturation of the benthic stages of male snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura :Majidae). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52 : 903-924.

Sainte-Marie, B. et B.T. Hargrave. 1987. Estimation of scavenger abundance and distance of attraction to bait. Mar. Biol. 94 : 431-443.

Sainte-Marie, B. et F. Hazel. 1992. Moulting and mating of snow crabs, *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius), in shallow waters of the northwestern Gulf of Saint Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49 : 1282-1293.

Sainte-Marie, B., J.-M. Sévigny et Y. Gauthier. 1997. Laboratory behavior of adolescent and adult males of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) (Brachyura: Majidae) mated noncompetitively and competitively with primiparous females. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 239-248.

Sainte-Marie, B., J.-M. Sévigny, B.D. Smith et G.A. Lovrich. 1996. Recruitment variability in snow crab (*Chionoecetes opilio*): pattern, possible causes, and implications for fishery management. *In* High latitude crabs: biology, management, and economics. Proceedings of the International Symposium on Biology, Management, and Economics of Crabs from High Latitude Habitats. Lowell Wakefield Fish. Symp. Ser., Alaska Sea Grant Coll. Prog. Rep. 96-02, p 451-478.

Sainte-Marie, B., N. Urbani, F. Hazel, J.-M. Sévigny et U. Kuhnlein. 1999. Multiple choice criteria and the dynamics of assortative mating during the first breeding period of female snow crab *Chionoecetes opilio* (Brachyura, Majidae). Mar. Ecol. Prog. Ser. 181: 141-153.

Tanino, Y. et F. Kato. 1971. The fishing efficiency and selectivity of Beni-zuwai crab traps. Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab. 23 : 101-117.

Vienneau, R., A. Paulin et M. Moriyasu. 1993. Evaluation of the catch mechanism of conventional conical snow crab (*Chionoecetes opilio*) traps by underwater video camera observations. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1903, 15 p.

Watson, J. 1971. Ecdysis of the snow crab, *Chionoecetes opilio*. Can. J. Zool. 49 : 1025-1027.

Zheng, J., M.C. Murphy et G.H. Kruse. 1996. A catch-length analysis for crab populations. Fish. Bull. 94 : 576-588.